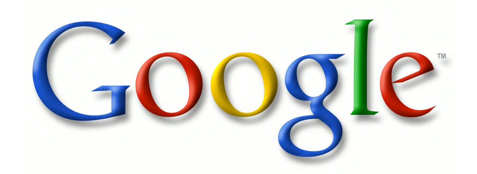



Stanford University Libraries
3 6105 010 345 646


The Hopkins Library
presented to the
Leland Stanford Junior University
by Timothy Hopkins.


ik.

9

JAHRBÜCHER

für

wissenschaftliche Botanik.

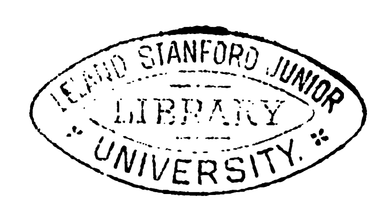
Herausgegeben

von

Dr. N. Pringsheim.

Zehnter Band.
Mit 38 zum Theil farbigen Tafeln.

Leipzig, 1876.
Verlag von Wilh. Engelmann.



Inhalt.

Alphabetisch nach den Namen der Verfasser geordnetes Inhaltsverzeichniss.

Verzeichniss der Tafeln.

Die Diatomeen in der Kohlenperiode.

Von

Abbate Conte **Francesco Castracane** in Rom.

(Mitgetheilt der Accademia Pontificia dei nuovi Lincei in der Sitzung vom 22. Februar 1874. Uebersetzt und im Auftrage des Verfassers eingesandt von Prof. Franz Boll in Rom.)

Alles, was bisher über die Diatomeen der Kohlenperiode zu meiner Kenntniss gekommen ist, reducirt sich auf eine Bemerkung des Amerikanischen Naturforschers Dr. Principal Dawson, die ich in Huxley's Buch: Critiques and Adresses citirt gefunden habe. Um zu beweisen, dass die fossilen Kohlen nicht einer unter Wasser sondern in freier Luft stattfindenden Vegetation ihre Entstehung verdanken, führt Dawson in seiner Accadian Geology unter anderen Gründen auch die folgende Thatsache an, „dass mit der Ausnahme vielleicht einiger Pinnularien und Asterophylliten jede eigentliche Wasserpflanzenform den Kohlenlagern in der bemerkenswerthesten Weise völlig abgeht."

Diese Stelle erweckte um so mehr mein Interesse, als mir, einem leidenschaftlichen Verehrer des Studiums der Diatomeen, sehr viel daran lag, unzweideutige Beweise beizubringen dafür, dass das erste Auftreten der Diatomeen schon in eine sehr ferne geologische Periode zu setzen sei. Ein solcher Nachweis würde einer von mir zu wiederholten Malen geäusserten Ansicht eine Stütze verleihen, nämlich dass mehr als den Algen und höheren Wasserpflanzen den Diatomeen die Function zukommt, die Kohlensäure zu zersetzen, sich die Kohle zu assimiliren und den für die thierische Athmung unentbehrlichen Sauerstoff freiwerden zu lassen. Aus Versuchen, die ergaben, dass die Anwesenheit von Diatomeen ein Wasser, in welchem thierische Theile verwesen, sehr bald wieder

zu seiner ursprünglichen Reinheit zurückzuführen vermag, glaubte ich schliessen zu dürfen, dass in der Natur das erste Auftreten der Diatomeen zusammenfallen müsse mit dem ersten Auftreten der Wasserbewohner, — ja vielleicht denselben sogar vorhergehen.

Das letzte Mal, als ich diese Ansicht äusserte, fügte ich hinzu, dass früher oder später gewiss irgend ein Gestein der palaeozoischen Epoche uns unzweideutige Beweise dafür geben würde, dass die Diatomeen schon gleichzeitig mit den ersten Wasserbewohnenden Thieren vorhanden waren. Doch war ich damals weit entfernt zu glauben, dass schon wenige Tage nachdem sie geschehen, diese Prophezeihung bereits erfüllt werden sollte. Als ich den Aschenrest eines verbrannten Stückes Steinkohle (aus Liverpool stammend) mikroskopisch untersuchte, zeigten sich mir im Praeparate verschiedene völlig deutlich erkennbare Diatomeen. Hierdurch ist bewiesen, dass die Diatomeen in der Kohlenperiode, d. h. innerhalb der palaeozoischen Epoche bereits existirten.

Wenn dieses glückliche Resultat auch von mir unter Beobachtung der gewissenhaftesten Cautelen erzielt worden war, glaubte ich doch nur in der öfteren Wiederholung eine Bürgschaft für die Richtigkeit der von mir beobachteten Thatsache finden zu können. Die wiederholten Versuche, in denen ich Stücke derselben Liverpooler Steinkohle (aus dem Mineraliencabinet der Sapienza) in reinen, bisher noch ungebrauchten Reagenzgläsern einäscherte, bestätigten immer nur das Resultat des ersten Versuches.

Die in dieser Kohle aufgefundenen Diatomeen gehören, wenn ich eine Grammatophora, einen kleinen Coscinodiscus und vielleicht noch eine Amphipleura (danica?) ausnehme, sämmtlich Süsswassergattungen und Süsswasserspecies an und zwar den folgenden:

Fragilaria Harrisonii Sm. = Odontidium Harrisonii.
Epithemia gibba Ehrbg, Kz.
Sphenella glacialis Kz.
Gomphonema capitatum Ehrbg.
Nitzschia curvula Kz.
Cymbella scotica Sm.
Synedra vitrea Kz.
Diatoma vulgare Bory.

Die Anwesenheit der marinen Formen, welche allerdings unter den sehr zahlreichen Süsswasserdiatomeen je nur in einem einzigen Exemplar vorhanden waren, scheint zu beweisen, dass einstmals auch das Meerwasser in jene Vegetation eingedrungen ist, von

welcher die untersuchte Kohle herstammt. — Die Annahme, dass diese wenigen marinen Formen zufällig, etwa durch den Wind, in diese Kohlenvegetation verschlagen wären, glaube ich von der Hand weisen zu müssen, da ich niemals Meeresdiatomeen als Bestandtheil des atmosphärischen Staubes erwähnt gefunden habe, während Süsswasserdiatomeen sich nicht selten in demselben vorfinden. Es lässt sich in der That sehr gut verstehen, wie Süsswasser-Diatomeenschaalen z. B. von der Oberfläche eines ausgetrockneten Sumpfes durch den Wind fortgeführt und dem atmosphärischen Staube beigemischt werden können, während für Meeresdiatomeen ein ähnliches Vorkommen schwerer zu begründen ist.

Die constatirte Anwesenheit der Diatomeen in der Steinkohlenperiode bietet jedoch noch zu einer viel interessanteren Bemerkung Veranlassung. Alle die genannten Diatomeenformen, welche ich in der Steinkohlenasche nachweisen konnte sind auch durch das geübteste Auge nicht von den jetzt noch lebenden Formen zu unterscheiden. Die Formen der Schaalen, die Details der Structur, Form und Anzahl der Streifen, kurz alle die Kennzeichen, nach denen die Diatomeenspecies überhaupt unterschieden werden, sind bei den Diatomeen der Kohlenperiode identisch wie bei den lebenden Species, sodass diese Wesen also in der ganzen unendlich langen Zeit von der Kohlenepoche bis jetzt keine nachweisbare Veränderung der Art erlitten haben. —

Das glückliche Resultat, welches die Untersuchung der Liverpooler Steinkohle ergeben hatte, veranlasste mich nun, auch andere Steinkohlen von anderen Fundorten in den Kreis der Untersuchung zu ziehen. Man hätte mir sonst den Einwand machen können, dass die in dem von mir untersuchten Stück gefundenen Diatomeen nur ein rein zufälliges Vorkommen darstellten: wie man ja mitunter auf der Oberfläche eines Stückes Granit Diatomeen nachzuweisen im Stande ist, ohne dass deshalb Jemand behaupten würde, dass diese Diatomeen zu derselben Periode lebten, als dieser Granit gebildet wurde. Um derartige Bedenken zu entkräften, bemerke ich, dass ich das Material zu meinen Untersuchungen niemals von der Oberfläche sondern stets aus dem Innern des besagten Kohlenstückes entnommen habe, welches sich jetzt wieder in dem Mineraliencabinet der Sapienza befindet und von Jedem untersucht werden kann, der die Richtigkeit meiner Angaben prüfen will. Etwaige Nachuntersucher will ich übrigens gleich darauf aufmerksam machen, dass man durchaus keine sehr reiche sondern im Gegentheil nur

eine sehr spärliche Diatomeenernte aus der Steinkohle zu gewärtigen hat und sich die Mühe und Geduld nicht verdriessen lassen darf, methodisch und systematisch jeden einzelnen Theil des mikroskopischen Praeparates zu durchmustern. Ich bin durch eine an meinem Mikroskop befindliche Vorrichtung in den Stand gesetzt nach einander die einzelnen Theile des Praeparats methodisch und vollständig zu durchmustern. So ist es mir stets gelungen, in jedem Praeparat wenigstens einige Exemplare von Diatomeen nachweisen zu können.

Ausser der Liverpooler Kohle habe ich noch drei andere Stücke von Steinkohlen untersucht, die mir gleichfalls aus dem hiesigen Mineraliencabinet mitgetheilt wurden. Das eine Stück stammte aus den Minen von St. Étienne, das andere aus Newcastle und das dritte war ein Stück sogenannter „Cannel Coal" aus Schottland. In jedem einzelnen dieser Stücke habe ich Diatomeen in grösserer oder geringerer Anzahl nachweisen können. Unter allen diesen befand sich keine einzige Form, die nicht dem süssen Wasser angehört hätte. In den drei verschieden Stücken waren die Species stets verschieden; doch befand sich unter allen diesen keine einzige neue Form, sondern alle stimmten genau mit den jetzt noch lebenden Süsswasserdiatomeen überein. So haben sich also ausser in der Liverpooler Steinkohle auch noch in der Steinkohle dreier anderer Fundorte Diatomeen nachweisen lassen, und ich möchte darauf hin die Vermuthung aussprechen, dass die Diatomeen vielleicht ausnahmslos in jedem Steinkohlenlager anzutreffen sind.

Die Anwesenheit der Diatomeen in der Kohlenperiode erhärtet nicht nur das von mir aufgestellte Princip, dass nämlich die Diatomeen nothwendig sind, um das thierische Leben im Wasser zu erhalten, sondern bietet auch einen neuen Beweis für die Wichtigkeit, welche jederzeit die Diatomeen und das mikroskopische Leben überhaupt für unsere Erde gehabt haben. Für den Geologen ergiebt sich hieraus die Nothwendigkeit, sich etwas eingehender auch mit diesen kleinen Wesen zu beschäftigen. Man hat gerade für die Kohlenformation oft die Frage discutirt, ob diese Lager sich im Wasser gebildet haben, wie der Torf, oder im Trocknen, als das Product einer subaerialen Vegetation. Der berühmte Amerikanische Geologe Dr. Principal Dawson behauptet das Letztere, und stützt seine Ansicht unter anderen Gründen auch auf die „remarkable absence from the coal measure of any form

of properly aquatic vegetation" mit der Ausnahme, wie er sagt, „perhaps of some Pinnulariae and Asterophyllites." So giebt er zu, dass die Kohlenlager bisweilen unter Wasser gestanden haben mögen; die eigentliche Bildung derselben habe aber jedenfalls durch eine subaeriale Vegetation von Pflanzen stattgefunden, welche auf einem feuchten und sumpfigen Boden wuchsen. Huxley, welcher sich im Uebrigen ganz an die Ansichten Dawson's anschliesst, betrachtet diese letztere Einschränkung Dawson's, dass die Vegetation „on soils wet and swampy" stattgefunden hätte, schon als eine viel zu weit gehende Concession gegen diejenigen, welche die Bildung der Steinkohle auf nassem Wege sich vollziehen lassen. Aber das Hauptargument Dawson's, der völlige Mangel von Wasserpflanzen in der Steinkohle wird in der bestimmtesten Weise widerlegt durch meine Beobachtungen, welche in allen bisher von mir untersuchten Steinkohlen die constante Anwesenheit der Diatomeen nachweisen.

In der Hoffnung, dass dieses von mir aufgefundene Factum des Vorkommens der Diatomeen in der Steinkohlenperiode auch von anderen Geologen oder Micrographen geprüft werden möge, will ich zum Schlusse die von mir bei diesen Untersuchungen angewandte Methode mittheilen. Während man sonst aus kalkhaltigen oder organischen Materien die Kieselschaalen der Diatomeen auf nassem chemischen Wege durch fortgesetzte Digestion in Salpetersäure oder Salzsäure (unter Hinzuthun von chlorsaurem Kali und bei Anwendung höherer Temperatur) zu isoliren pflegt, lässt sich diese Methode bei der Steinkohle, deren Kohlenstoff durch die genannten Säuren kaum angegriffen wird, nicht gut anwenden, und habe ich daher zu der Methode der Veraschung zurückkehren müssen. Zuerst wird die zu untersuchende Steinkohle im Mörser zerstossen und das so erhaltene feine Kohlenpulver in ein Porzellanschiffchen gethan, welches in einem gläsernen Verbrennungsrohr, wie solche bei der organischen Elementaranalyse allgemein angewandt werden, der Glühhitze ausgesetzt wird, während ein nicht zu starker Sauerstoffstrom beständig über dasselbe hinwegstreicht. Man darf bei dieser Operation nicht einen allzu hohen Hitzegrad anwenden, weil sonst die in dem Kohlenpulver enthaltenen alcalinischen und erdigen Basen und etwaigen Metalloxyde mit den vorhandenen Silicaten, also auch den Kieselschaalen der Diatomeen eine Art von Glasfluss bilden würden; es empfiehlt sich daher die Vorsichtsmaassregel, das gläserne Verbrennungsrohr beständig

unbedeckt zu lassen und unter Augen zu behalten. Der durch diese Operation in dem Porzellanschiffchen erhaltene kleine Rückstand wird in einem ungebrauchten Reagenzgläschen mit Salpetersäure (Salzsäure) und chlorsaurem Kali über der Flamme erwärmt, um so jede alcalinische oder erdige Base und die Spuren der Metalloxyde zu entfernen. Nach dieser Operation bleibt nichts weiter zu thun, als zu wiederholten Malen den Rückstand (ein äusserst feines Pulver) mit destillirtem Wasser auszuwaschen, wobei man sich vor Verlusten möglichst zu hüten hat.

Bei gewissenhafter Befolgung dieser Methode wird man in den mikroskopischen Praeparaten, welche in Canadabalsam oder in irgend einer anderen Zusatzflüssigkeit eingeschlossen werden können, stets einige ganze oder Fragmente von Diatomeenschaalen constatiren.

Beiträge zur Theorie der Pflanzenzelle.

Von

Dr. J. Tschistiakoff,

Professor der Botanik an der Universität zu Moskau.

II. Serie. Entwickelung des Pollens.

1. Aufsatz. Ueber die Entwickelungsgeschichte des Pollens bei **Epilobium angustifolium.**

Gegenwärtige Untersuchungen wurden hauptsächlich zur Erklärung der Entstehung der Exinenausbildungen d. h. der zweiten Entwickelungsperiode bestimmt. Was die erste Periode anbelangt muss ich hier bemerken, dass im allgemeinen Epilobium nicht so bequemes Material zu Experimenten mit dem Plasma bietet; desswegen wurde auch die zweite Periode der Pollenentwickelung der jetzt in Frage stehenden Pflanze besser bearbeitet als die erste.

Für diese Reihe der Untersuchungen, die die Pollenentwickelung bei verschiedenen Pflanzen betreffen, hat dieser Aufsatz dieselbe Bedeutung, wie die erste Reihe meiner Beiträge für die Sporenentwickelung der Polypodiaceen; d. h. derselbe bezweckt ausser einigen thatsächlichen Angaben über einige dunklere Punkte in unseren Anschauungen über die Rolle des Nucleus und Nucleolus nur die in nachfolgenden Aufsätzen zu beantwortenden Fragen aufzustellen. — Mehrere Lücken in der Untersuchung der ersten Periode nöthigen mich hier nur die thatsächliche Beschreibung der Erscheinungen zu geben, um diese oder jene Angabe anderer Verfasser festzustellen oder als einen Irrthum in Abrede zu stellen.

Von historischen Thatsachen werde ich nur jene Beobachtungen an den betreffenden Stellen citiren, welche direct für die in Frage stehende Pflanze bereits angegeben sind, und nur jene theoretische Betrachtungen erwähnen, welche die allgemeinste und wichtigste Be-

deutung haben. Die allgemeine historische Uebersicht der Pollenentwickelung in ihrem Zusammenhang mit der Lehre von der Pflanzenzelle wird in einem besonderen Aufsatze nach der Veröffentlichung dieser ganzen Serie gegeben werden und dort sollen auch einige meiner theoretischen Betrachtungen ihre Darstellung finden.

Am Ende der Beschreibung der ersten Entwickelungsperiode stelle ich endlich jene obenerwähnten Probleme auf, welche die Lücken in meinen und anderen Beobachtungen anzeigen sollen.

In gegenwärtiger Zeit haben wir zwei sehr wichtige Arbeiten, die den Bau und zum Theil auch die Entwickelung des in Frage stehenden Pollens berühren. — Die erste von H. Pollender[1]) lehrt uns, dass die Poren, durch welche der Pollenschlauch bei der Keimung des Pollens austritt, ächte Oeffnungen seien; nach demselben sollen sich diese Oeffnungen aus besonderen Zellen bilden, die schon im jüngsten Zustande des Pollenkorns auf den Stellen der künftigen Oeffnungen auftreten und in späteren Entwickelungsstadien zerstört werden sollen. So entsteht die Frage über einzellige oder mehrzellige Structur des Pollenkorns, die schon von H. Luersen[2]) in dem Sinne gelöst wurde, dass er bewies, dass die Pollenkörner der besagten Pflanzen einzellig sind.

Diese zweite Arbeit enthebt mich der Mühe die Unrichtigkeit der Pollenderschen Ansichten noch einmal zu beweisen, aber sie überlässt mir die Aufgabe die directen Beobachtungen über die Entwickelungsgeschichte des Pollens von Epilobium zu erörtern, denn H. Luersen giebt nur die negativen Resultate, und obschon wir mehrere Beobachtungen über die Entwickelung des Pollens in analogen Fällen haben, kennen wir doch den Verlauf dieses Processes nicht genau, denn fast alle diese Untersuchungen berühren nur die erste Entwickelungsperiode, den Theilungsprocess der Mutterzellen.

Mit voller historischen Uebersicht werde ich diese Frage später an einem anderen Orte behandeln und hier nur die wichtigsten Arbeiten an den betreffenden Stellen anführen.

---

1) Ueber das Entstehen und die Bildung der kreisrunden Oeffnungen in der äusseren Haut des Blüthenstaubes der Cucurbitaceen und Onagrarien. Bonn 1867.

2) Pringsheim, Jahrbüch. f. w. Bot. Bd. VII. p. 54.

Anatomische Verhältnisse.

Die Ausgangsstellen für die Pollenschläuche sind in der That, wie H. Luerssen es angibt, nicht ächte Oeffnungen[1]). Die Zahl dieser Ausgangsporen ist sehr schwankend; meistens finden wir drei Poren (Fig. 41, 42, Taf. V) fast in gleichen Abständen und in gleichen Höhen auf den Umkreis des Korns geordnet; bei einem frei in Präparirflüssigkeit liegenden Pollenkorn befindet sich immer eine von den drei Poren nicht im Focus des Microskopes, weil immer zwei Poren einander näher liegen als die dritte (Fig. 33, Taf. IV). — Man kann auch Pollenkörner mit einem (Fig. 44, Taf. V), zweien (Fig. 45), dreien (normal), vieren regelmässig (fast in gleichen Abständen Fig. 39, Taf. IV) oder unregelmässig geordnet (Fig. 46, Taf. V), mit fünf (Fig. 47, Taf. V), sechs bis acht (Fig. 48, Taf. V) Poren finden. — Aber in allen diesen Abnormitäten wie in normal entwickelten Pollenkörnern sind die anatomischen Verhältnisse dieselben. Die Exine hat immer zwei ganz deutlich entwickelte Schichten (Exine und Intexine Fritsche[2]), welche am Grund der Pore stärker entwickelt sind und zwar so, dass die innere Schicht nicht in demselben Grade wie die äussere in die Pore eindringt, was die Erscheinung bedingt, dass diese Schichten nach Aussen eine stufenartige Schattirung erzeugen (Fig. 42, Taf. V).

Die äussere Schicht hat ihre nach aussen gekehrte Fläche als eine doppelt contourirte und verdichtete untergeordnete feinste Schicht, welche über die Ausgangsstelle sich fortsetzt (Fig. 41, Taf. V) um die ächte Pore auszubilden, wie das von H. Luerssen beschrieben wird. Aber die ähnliche untergeordnete Schicht der zweiten Hauptschicht der Exine ist noch nicht beobachtet.

Fig. 41 wie auch Fig. 43 zeigen, dass die beiden Schichten ihre ähnlich ausgebildeten nach aussen abgewendeten Flächen haben, aber dass diese letztern der inneren Schicht über die Intineaussackung (künftige Pollenschlauch) nicht fortgesetzt werden. Hier sehen wir auch, dass die stärker entwickelten Theile der beiden Schichten nach Aussen etwas ausgebogen und ein wenig

---

1) Schon H. v. Mohl hat gezeigt, dass die Ausgangsstellen für Pollenschläuche nicht ächte Oeffnungen, sondern von einer dünnen Membran geschlossen sind (Ann. des sc. natur. 1836. Avril). Meyen (Neues Syst. III p. 162) nimmt auch dasselbe für einige Pollenformen an.

2) Ueber den Pollen. 1837. p. 28.

an ihren Rändern gezähnt sind (Fig. 41, 43, Taf. V). Der äusserst feine Ueberzug der Pollenpore ist von körniger leicht zerstörbarer Structur und erscheint als eine punktirte, aus Körnchen bestehende Umkleidung.

Alle diese Verhältnisse zeigen, dass bei dem ganz unveränderten Pollenkorn die Ausgangsstellen sich als punktirte dreischattige Aussackungen darstellen, in welche die Aussackungen der Intine bis zum äussersten Ueberzug eingedrungen sind (Fig. 42, Taf. V). Wenn wir die Fovilla Wasser aufnehmen lassen, so springen die Intinenaussackungen nach aussen hervor und wird dieser Ueberzug als eine Haube (Fig. 41) emporgehoben oder als eingebogener Deckel auf die Seite abgeworfen.

Nach allen diesen Verhältnissen werde ich diese Austrittstellen ihrer eigenthümlichen Ausbildung wegen und um sie von den gewöhnlichen Poren zu unterscheiden mit dem Namen Pollenporen bezeichnen.[1])

Was die Intine im unverletzten Zustande betrifft, so ist sie eine Zellstoffmembran, die in allen Theilen gleich entwickelt ist aber deren Eigenschaften nicht in allen Theilen identisch sind. — Die der inneren Exinenschicht anliegenden Intinentheile sind so innig mit der Exine verwachsen, dass sie sich durch künstliche Manipulationen nur schwer von der Exine trennen lassen[2]), während die Intinenaussackungen in den Pollenporen nur an der äussersten Exineschicht anliegen. — An diesen Stellen hat ihre Substanz die Eigenschaft mehr Wasser aufnehmen und deshalb stärker aufquellen zu können, was bei dem grossen Imbibitionsvermögen dieser Membran die Auswachsung des Pollenschlauches bedingt (Fig. 41, 43, vergl. mit Fig. 42, Taf. V), und ich glaube, dass der erste Impuls zu dem Auswachsen des Pollenschlauches von dieser Aufquellung ausgeht und durch beide obgenannte Agentien fortgesetzt wird, weil die anderen Intinentheile stark an der Exine angewachsen sind.

Auf den feinsten Durchschnitten beobachtet man, dass hier auch nur die genannten Theile aufquellen und dann die schichtige Structur bekommen (Fig. 43, Taf. V).

Das angegebene Präparat zeigt auch, dass das grösste Auf-

---

1) H. v. Mohl (Ueber den Bau und die Formen der Pollenkörner. Bern 1834.) betrachtet die Ausgangsstellen als die Poren, auch Meyen, (N. S. III. p. 156) nennt diese Ansbildungen Poren.

2) Schon H. Mirbel hat dasselbe bei Cucurbita pepo bemerkt (Recherches anat. et phys. sur le Marchantia polymorpha, 1831 p. 67).

quellungsvermögen sich in den dem Scheitel des Pollenschlauches entsprechenden Theilen findet und dass die Aufquellung in radialer ebenso wie in tangentialer Richtung geschieht. Andererseits sehen wir, dass der Raum zwischen *v* und *ϑ* nicht bedeutend vergrössert ist, während die Exinentheile stark nach aussen abgebogen sind, was in erster Beziehung zeigt, dass das Aufquellungsvermögen in radialer Richtung viel bedeutender ist, als die Aufquellung in tangentialer Richtung, und zweitens dass die inneren Theile dieser Membran ein bedeutenderes Imbibitionsvermögen haben, als die äusseren.

Der Inhalt des Pollenkorns (Fovilla) klebt im gleichen Grade an allen Stellen an der Intine.

Folglich ist nach meinen Untersuchungen die Intine in den Pollenporen nicht verdickter als an ihren anderen Theilen. Die Pollenporen sind nicht Oeffnungen und die beiden Hauptschichten der Exine haben die gleichen untergeordneten äussersten Differenzirungsschichten.

Was die anderen Beschaffenheiten der Intine und Exine betrifft, verweise ich auf die Untersuchungen von H. Luerssen (l. c.) und H. Schacht[1]), und bemerke nur, dass die Exine sich in concentrirter und in sehr verdünnter Aetzkalilösung hochgelb gefärbt und dass die Zellstoffreaction durch keine microchemische Manipulation erzeugt wird, Eigenschaften durch welche diese Membran sich von ächten cuticularisirten Membranen unterscheidet. — Die andere bemerkenswerthe aber blos optische Eigenschaft der Exine besteht darin, dass sie nach aussen blau und nach innen roth erscheint, was, wie ich glaube, von physikalischen Eigenschaften abhängt, weil ich die Objective v. H. Hartnack benutzte. — Diese Erscheinung verdient um so mehr unsere Aufmerksamkeit, als diese Farben in einigen analogen Fällen (Fischer, v. Waldheim bei Farnsporen[2])) als abhängig von chemischen Reactionen oder von der Zahl der Membranen angenommen wurden[3]), und die letzte auch wirklich nicht ohne Einfluss bleibt. Die Intine zeigt diese Erscheinung nicht. — In den anomalen Fällen ist die Zahl sowie die Structur der Membranen ganz dieselbe, wie in normal ausgebildeten Pollenkörnern (vergl. Fig. 41—43, 45–47, Taf. V)[4]).

1) Pringsh., Jahrb. f. w. Bot. Bd. II. Ueber den Bau einiger Pollenkörner.

2) Ibid. Bd. IV. Ueber die Entwickelung der Farnsporen.

3) Sachs, Lehrbuch der Bot. 1873, p. 372 (bei den Sporen von Equisetum).

4) Fritsche (De pollinis plantarum. Dissert. inaug. Berolini 1833, p. 32) giebt bei Oenothera, Klarkia, Lopezia, Epilobium drei Pollenmembranen: zwei Exineschichten und eine Intine an.

Entwickelung.

Den ganzen Entwickelungsgang dieses Pollens theile ich in zwei grössere Perioden:

1) Von der Vereinzelung der Pollenmutterzellen bis zu den ersten Spuren der Exinenerscheinung.
2) Von der Bildung der Exine bis zur vollen Ausbildung des Pollenkorns.

Erste Periode.[1])

Ich muss hier bemerken, dass ich in den meisten Stadien nur die halbgetödteten Zellen abgebildet habe. In diesem Zustande haben die Zellen einen Nucleus auct. ohne oder mit Nucleolus auct. von körnigem Protoplasma umgeben. Aber die Zellen verfallen durch die Einwirkung des Wassers bald in einen halb zerstörten Zustand, in welchem man in den meisten Entwickelungsstadien dieser ganzen Periode weder Nucleus noch Nucleolus beobachtet. — Folglich sind diese Stadien in solchem Zustande gleich und nur nach der Einwirkung des Wassers können wir den Fortschritt der Entwickelung verfolgen; deswegen genügt es, nur diejenigen Zustände abzubilden, welche die Entwickelungserscheinungen zeigen, d. h. die schon etwas mit Wasser beschädigten Zellen. — Daher gebe ich ausser der Beschreibung des unverletzten Zustandes des Plasmas in meinen Zeichnungen nur einige Beispiele dieses Zustandes in den verschiedenen Entwickelungsstadien.

In diesem unveränderten Zustande (a) hat der Inhalt keine Körnchen, keine innere morphologisch differenzirte Sphäre (Fig. 11 a, 12 a, Taf. II.); das Plasma ist ganz homogen, etwas gelblich aber ziemlich durchsichtig. — Schon nach einigen Minuten geht das Plasma unter dem Einflusse des Wassers in veränderte Zustände (b, c, d, e, f etc.) über und dann beobachten wir alles, was von anderen Autoren bis jetzt bekannt ist.

Die ersten Entwickelungsstadien finden in jenem Entwickelungszustande der Mutterzellen statt, worin die Mutterzellmembran noch nicht mit Zellstoffablagerung verdickt ist; die Zellen sind noch

---

1) A. Brogniart hat zuerst die getheilten Pollenmutterzellen bei Oenothera beobachtet (Mémoire sur la générat. et le developpement de l'embryon dans les végétaux phanérogames. Paris 1827, p. 11 etc.).

unzertrennt und daher ist es in diesem (I.) Stadium ausserordentlich schwierig, den ganz unveränderten Zustand des Plasmas zu beobachten; doch in dieser Epoche sehen wir, dass das Plasma vor der Einwirkung des Wassers ganz klar und homogen ist, aber nach einigen Momenten werden die Zellen von der Wassereinwirkung angegriffen und das Plasma stellt sich dar wie in Fig. 1 Taf. I. Dabei erscheint zugleich der Nucleolus wie ein glänzendes plasmatisches Körperchen von dichterer Consistenz; bald darauf bemerkt man im Centrum dieses Körperchen eine dunklere Region von weniger dichter Substanz.

Dass dieses Körperchen dem Nucleolus entspricht, folgt aus folgender Thatsache, welche hier von besonderem Interesse ist; bald (3—5 Minuten) nach Erscheinung des Nucleolus beobachtet man die Präcisirung einer anderen grösseren Sphäre rings um den Nucleolus. Diese dem Nucleus auct. entsprechende Sphäre besteht aus feinkörniger Plasmasubstanz und ist nicht glänzend, weil diese Substanz nicht compact ist. Aber die merkwürdigste Erscheinung besteht darin, dass rings um diese letzte Sphäre noch eine dritte Sphäre differenzirt wird (Fig. 1), welche von noch weniger dichter, noch feinkörniger plasmatischer Substanz gebildet ist. Diese Sphäre findet kein Aequivalent in unserer wissenschaftlichen Nomenclatur.

Aus der allgemeinen Betrachtung aller dieser Sphären ergiebt sich, dass jede Sphäre desto dichter ist je näher sie sich an dem Centrum des Inhalts befindet, d. h. dass die Dichtigkeit der Inhaltssubstanz von dem Centrum nach der Peripherie abnimmt, und in diesem Entwickelungsstadium ist dieser Uebergang einer Sphäre in eine andere nicht so scharf, dass alle diese Sphären vor der Einwirkung des Wassers sichtbar wären.

Im etwas späterem Stadium (II.) werden die zwei innersten Sphären etwas erweitert; in der dunkleren, kleinsten, innersten Sphäre beobachtet man manchmal die kleinen glänzenden plasmatischen Körnchen, die von dichterer Substanz gebildet sind; alle anderen Sphären dagegen erscheinen selbst nach voller Einwirkung des Wassers nicht (Fig. 2, Taf. I).

Das Plasma befindet sich jetzt auf einer höheren Stufe der chemisch-physiologischen Veränderungen; dies wird durch die Thatsache angezeigt, dass jetzt das Plasma die neue Beschaffenheit hat — nach Aufnahme von Wasser mehrere kleine Vacuolen zu bilden (Fig. 2) was vor diesem Stadium von mir nicht bemerkt wurde.

Ferner habe ich oft Mutterzellen gefunden, in welchen die Vacuolenbildung unter Wassereinwirkung so lebhaft und rasch vor sich geht, dass ich keine Sphärendifferenzirung wahrnehmen konnte.

Diese Vacuolenbildung entspricht, wie es mir scheint, der „Transitorischen Zellenbildung“ Näg.[1]), welche nach Nägeli nach Verschwinden des primären Zellenkerns auftreten soll. — Es ist möglich, dass dieser sehr genaue Beobachter wegen der damaligen Microscope die Wirklichkeit nicht entdeckt und die richtigere Erklärung dieser Thatsache nicht gegeben hat.

Nun wirft sich eine wichtige Frage auf: ob in solchen Zellen wirklich neben Nucleus mit Nucleolus noch andere Sphären existiren oder die Differenzirung dieser Sphären durch lebhafte Vacuolenbildung verhindert wird; oder endlich muss man hier wirkliche Auflösung des Nucleus und Nucleolus annehmen? Wenn sich in diesen Zellen keine Sphären befinden, dann bleibt es nur zu entscheiden auf welche Weise diese Auflösung vor sich geht; oder wenn hier einige Sphären noch existiren dann besteht die Hauptfrage darin, — warum jetzt das Plasma jene Eigenschaft — die Vacuolen mit Wasser zu bilden, bekommt, und was das nämliche ist, wie vollzieht sich die Auflösung des Nucleus auct.?

Im gegenwärtigen Falle muss ich bemerken, dass meine bisherigen Beobachtungen nicht in solchem Grade eingehend sondern zu lückenhaft sind, um diese schwierige Frage thatsächlich zu entscheiden; folglich muss ich mich jeder Voraussetzung enthalten, um an anderen Orten mehr in diesen Gegenstand einzugehen.

In einem späteren Stadium (III.), in welchem die Zellmembrane sich durch Zellstoffablagerung stark verdicken (Fig. 3, Taf. I.) und der Inhalt sich abzurunden anfängt, sehen wir von neuem die innerste kleinste Sphäre (Nucleolus auct.) von dichterer Consistenz, während der Nucleus dann wie von mehreren concentrischen Sphären gebildet erscheint.

Gleichzeitig mit diesen Erscheinungen nimmt das Plasma eine neue Eigenschaft an: es bildet nicht mehr Vacuolen nach dem Aufnehmen des Wassers, aber seine Substanz erzeugt mehrere, sehr kleine glänzende Tröpfchen von oeligem Aussehen; diese Tröpfchen bestehen aus plasmatischer Substanz und ihre Zahl nimmt mit dem Fortschritt der Einwirkung des Wassers bis nach voller Zusammen-

1) Nägeli, zur Entwickelungsgeschichte des Pollens. 1842, S. 11, 12.

ziehung des Plasmas zu, wo man gewöhnliche grobkörnige Plasmaklumpen beobachtet.

In etwas noch mehr entwickelten Zellen (IV. Stad., Fig. 4, Taf. I) lässt die Einwirkung des Wassers auch einen Nucleus mit Nucleolus sehen; doch dieser Nucleus erscheint jetzt als eine homogene dichtere Sphäre aber ohne eigene, scharf differenzirte Contouren; der umgebende Inhalt hat dieselbe Eigenschaft oelartige Tröpfchen zu bilden. Die Zellenmembran ist noch verdickter. Also in diesen beiden Stadien beobachtet man, dass die dem Nucleus entsprechende Sphäre mehr und mehr die homogene dichtere Consistenz annimmt, während das ihn umgebende Plasma sich immer dazu hinneigt, oelartige Tröpfchen unter Einwirkung des Wasser zu bilden, d. h. jene chemische Differenz zwischen peripherischen und centralen Plasmaregionen tritt schärfer in die Erscheinung. Natürlich muss man die directe Ursache dieser deutlichen Differenzirung in jenen Veränderungen der chemischen Eigenschaften der beiden Hauptregionen des Plasmas suchen, sei diese Differenzirung nun eine natürliche oder künstliche Erscheinung.

Das folgende (V.) Stadium ist von mir genau studirt und ich kann behaupten, dass in diesem der Zellkern in zwei Theile und diese wieder je in zwei getheilt werden, wobei der Nucleolus gleichzeitig auch mit dem Nucleus getheilt wird (Fig. 5 e, d, Taf. I). Auf der Fig. 5 e kann man zwei nebeneinanderliegende Nucleoli bemerken, ihre benachbarten Theile sind etwas abgeplattet, was auch auf seine Theilung hinweist.

Ausserdem muss man berücksichtigen, dass die beiden Halb-Nuclei sich nicht gleichzeitig theilen, sondern dass die eine etwas früher als die andere getheilt wird [1]). Die beiden Kind-Nuclei theilen sich in rechtwinkeliger Richtung zu einander, so dass bei einer und derselben Stellung der Zelle nur eine secundäre Theilung gesehen werden kann.

Nägeli (l. c. S. 13) hat vermuthet, dass nach Auflösung der primären Zellkerne nur ein einziger secundärer Zellkern ausgebildet und in zwei Theile getheilt wird. Wenn man die Vacuolenbildung als die Auflösung des Nucleus betrachten muss, dann hat diese Anzeige des H. Nägeli in meinen gegenwärtigen Unter-

---

1) Die zweimalige Theilung des Nucleus vor der Theilung des Plasmas ist von H. Schacht für Pollenmutterzellen bei Althaea angegeben. Lehrbuch d. Anat. und Physiologie. 1856. I. p. 83.

suchungen ihre volle Unterstützung, obwohl ich die letzte Ansicht über die Zahl der Kind-Nuclei nicht bestätigen kann.

Nichtsdestoweniger ist vor der Einwirkung des Wassers auf das Plasma kein Zellkern, keine Kerntheilung zu bemerken, und können wir hier von Neuem eine anderweite den getheilten Nucleus umgebende Sphäre wie im I. und II. Stadium beobachten. Diese letztere Sphäre hat keine scharfe Begrenzung (Fig. 5 c, d, Taf. I), aber sie ist von etwas dichterer Plasmasubstanz als die der äussersten Theile des Inhalts, ähnlich wie es im Stadium Fig. 3 war.

Nachdem ich diese Beobachtung gemacht, muss ich die von H. Hofmeister sogenannte „Wanderung der Zellkerne“ [1]), welche er in den Beobachtungen und Behauptungen des H. Wimmel [2]) in Abrede gestellt hat, näher verfolgen. An angezeigtem Orte hat H. Hofmeister vorausgesetzt, dass H. Wimmel nur durch Wasser ganz beschädigte Zellen beobachtet habe, was die Erklärung der Entfernung der secundären Nuclei von einander und die Bestätigung der freien Neubildung jener Nuclei vermuthen lässt. — Doch muss ich hier aussagen, dass die Beobachtungen der beiden Autoren ganz richtig, aber jedenfalls noch sehr lückenhaft sind.

Wir haben schon gesehen, dass bis jetzt nur die Nägeli'schen und Wimmel'schen Angaben bestätigt sind; dasselbe gilt auch für die folgenden Stadien. Vor allem muss man Folgendes vor und während der Zellkerntheilung in Betrachtung ziehen. Wir beobachten zuerst nur einen kleinen, nicht getheilten (Fig. 3), später einen grösseren ungetheilten (Fig. 4) und noch später einen grössern aber schon getheilten Zellkern (Fig. 5), dass heisst, die Theilung des Nucleus kann nur nach seiner bedeutenden Anwachsung oder Vergrösserung erfolgen.

Hier muss ich an eine Mohl'sche Bemerkung erinnern [3]), welche dieser vortreffliche Beobachter über die Anwachsung oder Vergrösserung des neuausgebildeten Zellkernes gemacht hat, was meine jetzigen Untersuchungen über denselben Gegenstand etwas unterstützt.

Was die Nucleoli betrifft, so stellt jeder von diesen Nucleoli einen Theil des vorigen Nucleolus dar; sie sind auch vergrössert und von einander schon etwas entfernt. Diese Entfernung der

---

1) Abhandl. d. K. S. Gesellsch. II. S. 635.

2) Bot. Ztg. 1850, S. 241 etc. Nur die Durchschnürung des Nucleus kann ich nicht bestätigen.

3) Vegetabilische Zelle. 1851. S. 56.

Theile des Nucleolus ist durch Auswachsung des Nucleus selbst ausgeführt, dessen Substanz im Wachsen einen grössern Raum einnimmt. — Da aber dieselbe Anwachsung auch zwischen den Kind-Nucleoli geschehen soll, so müssen sich diese Nucleoli mehr und mehr von einander entfernen. — So geschieht die „Wanderung der Nucleoli.“ — Was erleiden nun die Kind-Nuclei? —

Im folgenden (VI.) Stadium, welches ich im ganz unverletzten Zustande beobachtet habe (Fig. 6 a, Taf. I) finden wir nur vier von einander sehr entfernte Nucleoli und keine Nuclei. Dass es wahre Nucleoli sind, ist durch ihre Zahl, Physiognomie, Consistenz, sowie durch ihre Stellung angezeigt. Diese Stellung ist ganz genau dieselbe, welche in Fig. 5 dargestellt ist, d. h. die Nucleoli nehmen die Ecken des unregelmässigen Tetraëders ein; es frägt sich also — wo sind die Theile des Nucleus selbst?

Das Plasma bildet noch zahlreichere und grössere oelartige Tröpfchen; jetzt sind die Nucleoli etwas kleiner als vorher; bald tritt ein Entwickelungszeitpunkt ein, in welchem das Wasser keine Sphären mehr zeigt und die Zelle nunmehr einen ganz anderen Anblick bietet, weil die plasmatischen Tröpfchen noch grösser und im Centrum besonders zahlreich sind (Fig. 7, Taf. I).

Die Zelle hat jetzt ihre Membran in solcher Weise verdickt, dass der Inhalt einer ganz sphärischen Form ähnelt. In dem Verdickungsstoff bemerkt man die Verdickungsschichten als eine concentrische Streifung; die innerste Schicht, welche unmittelbar an dem Inhalt anliegt, ist doppelt contourirt; die Substanz selbst hat derbe knorpelige Consistenz; es ist eine glasartige Substanz mit Zellstoffreactionen. Alles zeigt, dass diese Zelle mehr entwickelt ist als die Zelle der Fig. 6.

Man muss also annehmen, dass die Theile des Zellkerns nach dessen Theilung anwachsen und dass die Kind-Nucleoli durch diesen Process sich von einander entfernen. Aber die beobachteten Erscheinungen lehren auch, dass die Substanz der Theile des Nucleus während ihrer Anwachsung oder Vergrösserung einige Veränderung ihrer Eigenschaften erleidet, indem sie die Eigenschaften des umgebenden Plasmas annimmt. Andererseits scheint sich gleichzeitig mit diesen Veränderungen auch die Neigung des ihn umgebenden Plasmas zu verstärken — die oelartigen Tröpfchen zu bilden, was durch die gleichmässigere Zerstreuung der Zellkernsubstanz im übrigen Plasma ausgeführt werden soll. — Die Wanderung der Zellkerne ist da.

Aber das sind nicht Nuclei sondern Nucleoli und, wie wir schon gesehen haben, wachsen sie auch aus und im folgenden Stadium (Fig. 7, Taf. I) verschwinden sie gänzlich, wobei das Plasma seine oben beschriebene Eigenschaft noch mehr verstärkt.

Hier wie dort bei dem II. Stadium besteht die theoretische Hauptfrage darin: Wie muss man diese Verbreitung der Nuclei und der Nucleoli verstehen; ist sie eine echte Auflösung oder etwas anderes? Wenn nicht, dann frägt sich, auf welche Weise diese Auswachsung geschehen soll? Wie dort, kann ich auch hier diese Frage nicht thatsächlich beantworten und kann nur ganz allgemein bemerken, dass hier die Anwachsung dieser plasmatischen Differenzirungen der Verschwindung der Nuclei und Nucleoli vorangeht.

In etwas mehr entwickelten Zellen (VII. Stad.) zeigt das Wasser zwei Punkte, in welchen sehr complicirte concentrische Sphärendifferenzirung unter Wassereinwirkung stattfindet; in jedem Punkt finden wir eine dunkle kleine Sphäre von zwei anderen helleren Sphären kreisartig umgeben. In diesen Punkten hat das Plasma die Eigenschaft verloren, zahlreiche plasmatische Tröpfchen zu bilden. Dies macht den Eindruck als ob der grobkörnige plasmatische Gürtel oder Platte ausgebildet wäre.

Nun finden die Angaben des H. Hofmeister ihre Bestätigung und zwar auf solche Weise, dass die vollere Reihe der Entwickelungsstadien durch Vereinigung der Wimmel'schen und Hofmeister-schen Angaben zusammengesetzt würde. Aber die Ausbildung der sogenannten medianen Körnerplättchen hat eine etwas andere Erklärung: Diese Lamelle ist nichts anderes als ein Ueberrest der vorigen Eigenschaft des Plasmas, die plasmatischen Tröpfchen zu bilden, welche im Centrum des Inhalts noch ebenso zahlreich wie im Stad. V sind. — Diese letztere Erscheinung lässt sich nur dadurch erklären, dass an diesem Orte sich noch die Spuren des vorigen physiologischen Centrums des Inhalts befinden.

Diese bekannten plasmatischen Körnerplättchen, welche immer als ausgezeichnetes Merkmal der anfangenden Plasmatheilung betrachtet werden, stellen hier also die Ueberreste des vorhergegangenen Stadiums dar, und es kann nicht befremden, dass diese Lamelle verschwinden kann um der Ausbildung der zwei anderen Nuclei Platz zu machen; wenn diese Lamelle eine progressive Ausbildung darstellte, so wäre es eine unnütze physiologische Arbeit; es wäre sehr schwer zu verstehen.

Auf solche Weise könnte man die von Hofmeister — dem

auch H. Sachs sich anschliesst, — irrthümlich in anderen Fällen angezeigte Auflösung der beiden secundären Nuclei und der medianen Körnerplättchen, nach welcher sich vier tertiäre von neuem bilden sollen, erklären; so verschwindet die unnatürliche Annahme, dass die Zelle durch Präliminarien der Zweitheilung, mittelst wunderbarer Regresserscheinung zur simultanen Viertheilung gelangen könne.

Aus dem Gesagten ist leicht zu sehen, dass die Specialmutterzellen ausser der gewöhnlichen tetraëdrischen Stellung noch in einer Ebene liegen können.

In beiden Fällen ist der Theilungsprocess ganz identisch und ich nehme für die Beschreibung des weiteren Entwickelungsganges nur die tetraëdische Theilung als die interessanteste.

Nun tritt das Stadium ein (VIII. Stad.), in welchem die Theilung des Plasmas in Portionen stattfindet. — Ich muss hierbei bemerken, dass ich dieses Stadium auf die genaueste Weise an ein und demselben Zellenexemplar studirt habe, aber wegen Mangel an Raum habe ich nur wenige Zeichnungen gegeben und die verschiedenen Zustände des Plasmas unter der Einwirkung des Wassers (Zustände a, b, c, d) habe ich an den verschiedenen Portionen einer und derselben getheilten Mutterzelle dargestellt; also, eine von diesen Plasmaportionen ist im Zustande a, eine andere im Zustande b etc. abgebildet.

Wie bekannt, sind mehrere Verfasser geneigt zu glauben, dass der Theilungsprocess des Plasmas bei diesem, wie bei analogen Fällen von der Peripherie nach dem Centrum des Inhalts vor sich geht, wie wir es nach Mirbel[1]), Mohl[2]), Pringsheim[3]) und Schacht[4]) mit jenen oder anderen Eigenthümlichkeiten annehmen müssen.

Nach anderen Forschern, Naegeli[5]), Unger[6]), Wimmel[7]) und Hofmeister[8]) wird die Scheidewand ringsum (Naegeli, Wimmel) oder nur zwischen (Hofmeister) den Portionen des vorher getheilten Plasmas ausgebildet.

Die erste Meinung wird dadurch unterstützt, dass man den

1) Mem. sur la Marchantia polymorpha.
2) Vegetabilische Zelle.
3) Bau und Bild.
4) Anat. und Physiol. d. G. I.
5) Ueb. die merism. Zellenbildung.
6) Zur Entwickelungsgesch. des Pollens.
7) Bot. Ztg. 1850.
8) Bot. Ztg. 1848.

halbgetheilten Inhalt aus den Mutterzellen ausziehen kann, die zweite ist nur durch directe Beobachtungen über die Scheidewanderscheinung erzeugt.

Meine Beobachtungen lehren, dass die Zellen in optischen Durchschnitten betrachtet drei feinste, aber doppelt contourirte Linien zeigen, welche von einem centralen Punkt nach drei Seiten divergiren (Fig. 10, Taf. I) und die tetraëdrisch angeordneten Scheidewände darstellen. — Diese Scheidewände haben in ihrer ganzen Länge gleiche Dicke und an der Peripherie des Inhalts bemerkt man nicht die bekannten dreieckigen Auswachsungen von der inneren Schicht der Mutterzellmembran.

Lässt man diese Zelle unter dem Einfluss der Reagentien, so fallen die Plasmaportionen zusammen und der ganze Inhalt der Mutterzelle erscheint von neuem wie ungetheilt, aber nur grobkörniger und zusammengeschrumpfter, und lässt sich aus der Zelle herausziehen; ausserdem bemerkt man auf der Inhaltsperipherie drei kleine Einbuchtungen, deren drei kleine Zähnchen der innersten Schicht der Mutterzellmembran entsprechen (Fig. 10 f, Taf. I). — Der Inhalt selbst zieht sich in einen grobkörnigen Klumpen, welcher die tetraëdrische Form annimmt, — zusammen. Die Ecken dieses plasmatischen Tetraëders sind den Zähnchen der Mutterzellmembran zugewendet, doch sind sie von diesen Zähnchen ganz abgetrennt. Die Scheidewände selbst sind fast unsichtbar[1]).

Diese Thatsache zeigt, dass die Scheidewände von einer in Wasser nicht auflösslichen, derben nicht durch Plasma schrumpfbaren Substanz gleichzeitig mit der Plasmatheilung gebildet werden. — Das erklärt, warum der Inhaltsklumpen tetraëdrische Form bekommt: weil die tetraëdrisch angeordneten Scheidewände wegen ihrer derberen Consistenz der Zusammenziehungskraft des Plasmas wiederstehen können.

Es ist mir nicht gelungen die Theilung des Plasmas vor der

---

1) H. Pringsheim bemerkt ganz richtig (l. c. p. 55): Die Angaben, dass es dem einen oder dem anderen Beobachter gelungen ist, den Inhalt getheilt von der Wand der Mutterzelle zu trennen, ehe noch irgend eine Spur einer Scheidewand bemerkbar war, scheint mir nur mit grosser Vorsicht aufgenommen werden zu dürfen, indem ich mich überzeugt habe, dass es schon bei den Conferven, und noch viel mehr bei den ersten Theilungszuständen der Mutterzellen des Pollens sehr leicht ist, die beginnende Scheidewand zu übersehen oder zu zerstören. Im Aufsatze über die Entwickelung der Angiopterissporen habe ich dazu ein ausgezeichnetes Beispiel angeführt, und in meinen anderen Aufsätzen werden noch andere Beispiele beschrieben.

Bildung der Scheidewände zu sehen, oder die Plasmaportionen von einander künstlich zu trennen, bevor die Scheidewände schon vorhanden waren, obschon H. Naegeli (l. c. S. 15) dem sich auch H. Hofmeister anschliesst (Botanische Zeitung, 1848), behauptet, dass die vollständige Theilung des Inhalts der Entstehung der Scheidewände vorangeht. — D. h. nur die Erscheinung der Scheidewände führt die thatsächliche Lostrennung der Plasmaportionen aus. —

In etwas vorgerücktem Zustande (IX. Stad.) finden wir bei der nächsten Untersuchung, dass die erstgebildeten feinsten Scheidewände an Dicke zunehmen und zwar geht diese Verdickung von der Peripherie nach dem Centrum des Inhalts (Fig. 11, Taf. II).

Die Stellen, wo die peripherischen Theile der Scheidewände in die Centraltheile übergehen, sind etwas gewölbt und werden in beschädigtem Zustande des Inhalts als im Dreieck angeordnete Linien projicirt (Fig. 12, Taf. II). — Jetzt sind nur die centralen Theile der Plasmaportionen in Zusammenhang mittelst innig mit dem Plasma vereinigter Centraltheile der Scheidewände, und die Zelle stellt ein Präparat dar, nach welchem man nur von den ersten Spuren der von der Peripherie einwachsenden Scheidewände sprechen könnte. — Aber im Centrum des Inhalts bemerkt man drei sehr zarte Linien, welche durch Zusammenziehung des Plasmas nicht eingeschrumpfte Scheidewände darstellen.

Man muss also annehmen, das die Theilung des Inhalts hier gleichzeitig mit der Bildung der derben Scheidewände vor sich geht, und wenn die Plasmaportionen in jenem Zustande noch nicht lostrennbar sind, so erklärt sich dies durch den innigen Zusammenhang der erstgebildeten Scheidewände mit dem Plasma, was unmöglich wäre, wenn die vollständige Theilung des Plasmas vor der Entstehung der Scheidewände ausgeführt würde.

In Betreff der Zähnchen, welche den Einbuchtungen an der Peripherie des Inhalts entsprechen, ist zu bemerken, dass ihre Anwesenheit dadurch erklärt wird, dass schon früh nach der Individualisirung der Plasmaportionen die weitere Verdickung der Scheidewände, von der Peripherie nach dem Centrum durch Ausscheidung derselben Substanz, aber in grösserer Menge geschieht.

Wirklich, im folgenden Stadium (X) finden wir schon, dass die Scheidewände mit jenen Zähnchen ganz verwachsen sind und ihrer

ganzen Länge nach gleiche Dicke haben (Fig. 13, Taf. II). Auf solche Weise werden die Specialmutterzellen ausgebildet.

Die Verschiedenheit dieser Betrachtung von den bis jetzt geltenden theoretischen Annahmen besteht darin, dass nach meinen Thatsachen und Vorstellungen die Theilung des Plasmas nicht durch Einwachsung der Scheidewände von der Peripherie unmittelbar ausgeführt wird, sondern durch innere Thätigkeit der chemisch-physiologischen Kräfte des Plasmas geschieht und die primordiale Scheidewand-Bildung, durch welche die Portionen des Protoplasma von einander individualisirt werden sollen, hat schon in jener Epoche angefangen, welche der Bildung der Scheidewände vorangeht.

Unger hat auch in seiner veröffentlichten Arbeit über die Pollenentwickelung ungefähr dasselbe beschrieben, aber er nimmt an, dass die eigentliche Scheidewandbildung von der Peripherie des Plasmas nach dem Centrum ausgeführt wird.[1])

Was die Physiognomie des Plasmas betrifft, so ist sie während aller drei letztbeschriebenen Stadien ganz dieselbe wie vorher. Vor der Wassereinwirkung sehen wir keine Sphären (Fig. 11 a, Taf. II); sogleich nach dieser Einwirkung sehen wir dagegen die Nucleoli (Fig. 9, Taf. I; Fig. 13, Taf. II) und nach diesen Nuclei (Fig. 9, 11, 13, Taf. I u. II) sich auszeichnen. — Der sie umgebende Inhalt bildet die glänzenden Tröpfchen, doch sind diese letzteren jetzt zahlreicher aber kleiner. Diese Eigenschaft geht nach und nach verloren, so dass im X. Stadium (Fig. 13, Taf. II) diese Tröpfchen den gewöhnlichen Körnchen ganz ähnlich sind, und der Inhalt hat jetzt nach Beschädigung durch Wasser den gewöhnlichen körnigen Anschein.

Die dem Primordialschlauch entsprechende Plasmaschicht ist für solche Bildung der Scheidewände ganz unnütz, weil jene Scheidewände zuerst im Innern des Plasmas erscheinen, und zweitens jene peripherische Schicht nur nach voller Zusammenziehung des Inhalts erscheint, was schon von H. Pringsheim für Pollenmutterzellen der Althaea rosea gezeigt ist (Bau und Bild, S. 55—56).

Später (XI. Stad., Fig. 14, 15, Taf. II.) werden die inneren Ecken der Specialmutterzelle Collenchymartig mit derselben glasglänzenden Substanz verdickt. — Die Structur des centralen

1) Ueber die Merism. Zellenbild. bei der Entwickelg. des Pollens. 1844. S. 3. Auf andere historische Specialitäten, z. B. Ursprung der Scheidewände, Zähnchen der Mutterzellen etc. bei diesem und anderen Autoren werde ich an einem anderen Orte eingehen.

collenchymatischen Körpers leitet uns zur Voraussetzung, dass die secundäre Verdickung der schon ganz ausgebildeten Scheidewände der Specialmutterzellen in zwei Ausgangspunkten gleichzeitig angefangen sein soll: in äusseren und in inneren Ecken, was der Behauptung des H. Pringsheim widerspricht, welcher sich für gleichzeitige Ausbildung und Verdickung der entstehenden Scheidewand von der Peripherie nach dem Centrum der Mutterzelle erklärt hat.[1])

Die Anhäufung dieser Substanz drückt auf den Inhalt der Specialmutterzellen, deren Plasma in ihrem nach Innen gewendeten Theile eine Auswölbung bekommt. — Die verdickende Substanz hat endlich eine ganz sphärische Form. Dieser Körper ist durchscheinend, eine klare von gewölbten Plasmaportionen umgebene Sphäre (tetraëdrische Theilung bei Fig. 14, 15, Taf. II); oder ein kubischer Körper, wenn die Specialmutterzellen nur in einer Ebene angeordnet sind (Fig. 17, Taf. II).

Um diese Zeit differenzirt sich in der Substanz der Scheidewände eine dichtere glänzendere Schicht von derselben Substanz; diese Differenzirung geht rings um jede Specialzelle (Fig. 14, 15, 16, Taf. II) in solcher Weise vor sich, dass die innerste Schicht der Specialmutterzellmembran in ihren hinteren (äusseren) Theilen dichter und doppelt contourirt werden (Fig. 16, Taf. II). In dem centralen sphärischen Verdickungskörper kann man die Schichtung bemerken und alle diese Wandungen lassen jetzt die Zellstoffreaction ganz leicht erzeugen.

Bei Zusammenziehung des Inhalts kann man ganz gut beobachten, dass sich die innerste Schicht der Specialzellenwände als eine ächte völlig ausgebildete Zellschicht der Zellhaut darstellt (Fig. 18, Taf. II). Der Inhalt verlässt die ihn umkleidende Membran, ohne dass sie ihm folgt, was auch schon von H. Pringsheim beobachtet und ausführlich beschrieben ist (l. c. S. 56).

---

1) Pringsheim, Bau und Bildung etc. p. 55. „Die dicken Zellenartigen Wände der Specialmutterzellen entstehen also weder . . . . noch durch Verdickung der Wände einer bereits gebildeten und abgeschlossenen Zelle, sondern durch eine gleichmässig mit und während der Theilung stattfindende wiederholte Ablagerung von Zellstoff in den Ecken der in Bildung begriffenen Räume." — Ich führe diese Citate darum an, da die Pringsheim'sche Zeichnung auf der Taf. IV, Fig. 4 (l. c.) meinen Zeichnungen Fig. 14, 17, 21, Taf. II sehr ähnlich ist, was auf bedeutende allgemeine Analogie in der Pollenentwickelung bei Althaea rosea und bei Epilobium angustifolium hinweist. H. Pringsheim sagt über jene collenchymatischen centralen Körper nichts.

Aus diesen Thatsachen ziehe ich den Schluss, dass die Specialmutterzellen zugleich durch den Individualisirungsprocess ausgebildet werden, und dann ihre weitere Ausbildung durch den secundären Verdickungs- und Differenzirungsprocess ausgeführt wird.

Aus diesen Gründen und weil die Scheidewandsubstanz nur an der Theilungsstelle des Plasmas ausgeschieden ist, was auch bei der Theilung der gewöhnlichen vegetativen Zellen stattfindet, kann ich diesen Specialmutterzellen keine andere morphologische Bedeutung zuerkennen, als den gewöhnlichen Zellen, welche die Gewebecomplexe meist aus vier Zellen bilden, wie dies schon von H. Pringsheim nach anderen specialen Beobachtungen und Resultaten ausgesagt ist.[1]) — Die Glieder dieser Complexe sind auf dieselbe Weise mit einander verbunden, wie die Zellen aller anderen Pflanzengewebe: mittelst einer gemeinsamen Scheidewand für alle benachbarten sich berührenden Zellen, und die Specialmutterzellen der in Frage stehenden Pflanze geben ein schönes Beispiel, dass sich in diesen gewebeartigen Zellencomplexen manchmal dieselben Gewebearten wie in anderen parenchymatischen Geweben ausbilden können; da wir hier einen collenchymatischen Zellcomplex haben, dessen Ausbildung dieselbe ist, als die der gewöhnlichen Collenchymgewebe.

Folglich existiren die Specialmutterzellen Naeg. nicht in diesem Falle und glaube ich auch nicht in anderen Fällen, welche diesem Verfasser die Beispiele für seine Betrachtungen über diesen Gegenstand gegeben haben.

Was die Rolle des Nucleus und Nucleolus anbelangt, kann man Folgendes behaupten.

Der Nucleus und Nucleolus im gegenwärtigen Falle sind nur nach Wassereinwirkung sichtbar, was zum Theil auf ihre nur chemische Differenzirung aber nicht auf rein morphologische Ausbildung hinweist. Nun fragt es sich:

1) Ob die Grade dieser Differenzirung für Nucleus und für Nucleolus unter einander und in verschiedenen Entwickelungsstadien dieselben sind? — Nucleus auct. und Nucleolus auct. theilen sich während ihrer Anwachsungen oder Vergrösserungen; ein Maximum

1) Pringsheim, l. c. p. 56. „sie stellen ein kleines, vierzelliges Gewebe vor, etc." nach damaligen Vorstellungen von der Bildung des Zellgewebes ist dieser Ausdruck ganz richtig; er ist auch jetzt nicht minder richtig, weil unsere Ideen über diese beiden Gegenstände etwas und im gleichen Grade verändert sind.

dieser Anwachsung scheint der Auflösung des Nucleus zu entsprechen, aber meine gegenwärtigen Untersuchungen sind zu lückenhaft, um diese Frage in entschiedener Weise zu beantworten. Ebenso verlangen auch die folgenden Fragen, welche die erste Entwickelungsperiode betreffen, noch genauere Untersuchungen zu ihrer Beantwortung; nämlich:

2) Ob die Epoche der lebhaften Vacuolenbildung im Plasma unter Einwirkung des Wassers wirklich der von den Autoren angezeigten Epoche der Auflösung oder Verschwindung des Nucleus entspricht und wie vielmal der Nucleus verschwindet?

3) Auf welche Weise soll die Anwachsung des Nucleus und Nucleolus geschehen; ist sie ein der Anwachsung morphologischer Organe ähnliche Vorgang, oder ist sie nur die Verbreitung einer nicht scharf begrenzten Sphäre; — d. h. geht diese Anwachsung durch einen Intussusceptionsprocess oder durch Veränderung der Molecule des umgebenden Plasmas vor sich, wobei diese Molecule die Eigenschaften der Nucleussubstanz annehmen sollten; — oder endlich kann diese Anwachsung sich durch einige andere eigenthümliche Processe ausführen?

4) Worin besteht der Einfluss, welchen der Nucleus auf den ganzen Zelleninhalt ausübt, um das Plasma zu seiner Theilung anzuregen?

Die beiden letzteren Fragen führen endlich zur Frage:

5) Welches sind jene chemischen Verschiedenheiten zwischen Nucleussubstanz und umgebendem Plasma? Warum ist es nöthig, dass der Nucleus sich theilt?

Alle diese Hauptfragen zeigen ganz genügend, wo in diesen meinen Untersuchungen die Lücken noch existiren; aber wie ich schon ausgesprochen habe, diese Beobachtungen haben nur einen Hauptzweck, nämlich jenen, die Fragen aufzustellen um in meinen folgenden Aufsätzen mehr in diesen Gegenstand durch directe Beobachtungen einzugehen, weil eine speciellere Untersuchung der Fragen nur dann möglich ist, wenn die Lücken selbst in den vorigen Untersuchungen klar gestellt sind.

Deswegen suchte ich hier meine Beobachtungen denen anderer Autoren gegenüber zu stellen, um einige der schlagendsten Widersprüche in uns schon bekannten Thatsachen zu erklären, weil es mir unmöglich wäre, Ungenauigkeiten in Beobachtungen von solchen Beobachtern wie Mohl, Pringsheim, Naegeli und Hofmeister zu erkennen. — Ich muss

mich also entschuldigen, dass ich in der bis jetzt beschriebenen Entwickelungsperiode nur meistens ganz bekannte Thatsachen aus-einander gesetzt habe; ich glaubte, dass die Wissenschaft nur gewinnen müsse, wenn einige hervorragende Widersprüche der genauesten Beobachter erklärt würden.

Also alle beschriebenen Thatsachen erklären, warum einige Autoren von Theilung des Nucleus und Wanderung der Nucleus-theile (Wimmel l. c.) im Inhalt der Zelle, die Anderen von der Auflösung und nachfolgenden freien Entstehung nur eines einzigen secundären Nucleus (Naegeli), noch andere endlich von der Auflösung des primären Nucleus und nachfolgender Bildung mehrerer secundärer Zellkerne (Hofmeister) sprechen. — Wir sind jetzt überzeugt, dass alle diese einander widersprechenden Betrachtungen im allgemeinen Zusammenhang richtig sind.

Jedenfalls lassen sich in der ersten Periode drei Hauptthat-sachen erkennen:

1) Das Plasma ist durch seine inneren chemisch-physiologischen Kräfte ohne aktive Hülfe des Primordialschlauches (Hautschicht des Protoplasmas, Pringsh.) getheilt. — Dieser Theilung geht die Theilung des einzigen (secundären) Nucleus voran.

2) Auf der Oberfläche des plasmatischen Inhalts der Special-mutterzelle befindet sich eine dichtere Plasmaschicht.

3) Die Substanz der gemeinen Zellmembranen, Mutter- und Specialmutter-Zellen hat die Zellulosereaction.

Zweite Periode.

Nach ganz vollendeter Individualisirung der Plasmaportionen durch definitive Ausbildung der Specialmutterzellen tritt nun die zweite Entwickelungsperiode ein, welche hauptsächlich durch Formen-ausbildung charakterisirt ist. — Diese Erscheinungen bestehen zu-erst darin, dass auf der Peripherie des Plasmas noch im Stadium XI, wie ich schon bemerkt habe, sich eine plasmatische Schicht differenzirt, welche unter der Einwirkung des Wassers eine körnige Consistenz bekommt (Fig. 16, Taf. II).

Sodann wird diese Schicht (XII. Stad.) durch fernere chemisch-physikalische Metamorphose ihrer Substanz, unmittelbar in eine dünne feste Membran umgewandelt, d. h. sie verliert ihre plasma-

[illegible] Beschaffenheit und erhält eine granulirte Consistenz (Fig. 19, Taf. II). Nun ist sie eine dünne, scharf mit doppelter Contour begrenzte Hülle, welche den Alkalien und Säuren wiedersteht; alle meine Bestrebungen, die Zellstoffreaction dieser Membrane zu erzeugen, waren vergeblich. — Diese Membran ist jetzt glänzend durchsichtig und **weich**; bei der Zusammenziehung des Plasmas fällt sie auch faltig zusammen; es gelang mir nicht das Plasma von dieser Membran zu trennen, was auf einen sehr innigen Zusammenhang des Plasmas mit dieser Hülle hinweist. — Aber noch zeigt sie die gelbe Färbung mit Kalilösung nicht, in welcher sie ebenso wie auch in verdünnter H_2SO_4 nur eine geringe, fast unbemerkbare Aufquellung erleidet. — Die oben besprochene optische Färbung kann man auch noch nicht klar erkennen. — Diese Membran hat jetzt keine Oeffnungen oder verdünnte Stellen.[1]) — Das Plasma zeigt jetzt keine Sphären selbst nach voller Einwirkung des Wassers nicht.

Doch dieses Stadium ist nicht von langer Dauer; bald geht das Plasma in das Stadium XIII über, in welchem (Fig. 20, Taf. II) der Inhalt noch einmal zwei innere Sphären hat, die auch nur durch Einwirkung des Wassers bemerkbar werden.

Auf der von Plasma ausgebildeten Umhüllung bemerkt man drei Punkte, welche etwas breiter sind und bei genauerer Untersuchung zeigt es sich, dass sich bloss an diesen Stellen zwei Schichten unterscheiden lassen: eine äussere, welche der erstgebildeten primären Hülle des Pollenkerns angehört und dieselben Eigenthümlichkeiten bewahrt; die andere innere Schicht, die, wie ich schon bemerkt habe, nur örtlich entwickelt ist, — hat ganz andere Beschaffenheiten. Sie ist ungefärbt, durchsichtig und schleimig; sie widersteht den Säuren und Alkalien nicht und quillt im Wasser sehr stark auf. — Wegen dieser letzten Beschaffenheit werden die Stellen, wo sich diese Schicht vorfindet, aufgequellt und zwar in solcher Weise, dass sie die primäre Hülle ein wenig nach aussen auswölben. — Es ist klar, dass an diesen Stellen eine aufquellbare Substanz ausgeschieden ist. —

Wirklich kann man im etwas mehr fortgerücktem Stadium (XIV.) die weitere Anhäufung, d. h. Ausscheidung dieses Stoffes verfolgen. — Seine Quantität wird bald so gross, sein Aufquellungsvermögen so bedeutend, dass die von ihm eingenommenen Stellen sich als grosse mit Wasser ausgefüllte Höhlungen darstellen (Fig. 21 A,

1) **Meyen** (Neues Syst, III., S. 155) sagte schon, dass die Pollenmembran bei ihrer Entstehung keine Oeffnungen hat.

21 B, Taf. II). — Wegen des geringen Lichtbrechungsvermögens dieser Substanz musste ich besondere Experimente anstellen um ins Klare zu bringen — auf welche Weise diese beschriebenen Erscheinungen erzeugt werden.

Die einfachsten, oberflächlichsten Beobachtungen zeigen, dass an diesen Stellen drei Pollenporen ausgebildet werden.

Ich muss jetzt also auf die interessantesten Thatsachen eingehen, — nämlich auf die Entwickelungsgeschichte der Pollenporen und Exinenausbildungen. — Zur Erklärung der Entstehung dieser Ausbildungen haben wir bis jetzt nur einige Voraussetzungen; nur die Intussusceptionstheorie erklärt uns ganz einfach das Erscheinen und die weitere Ausbildung der eigenthümlichen Pollenmembran (Exine). — Später in meinen allgemeinen Ausführungen werde ich näher in Historisches und Kritisches über diesen Gegenstand eingehen; es sei nur noch bemerkt, dass wir noch keine directen und sicheren Beobachtungen über die Entstehung und weitere Ausbildung dieser Pollenmembran haben. — Naegeli (l. c. S. 31) hat zuerst ausgesagt, dass die Exine durch schon ausgebildete Intine ausgeschieden wird; Meyen[1]) war der erste welcher sagte, dass die sich zuerst ausbildende Membran — die Exine sei. —

Aber er spricht bald von mittlerer Membran (Intexine Fritzsche), bald von innerer Membran (Intine auct.), so dass es sehr schwer ist, sich irgend eine Vorstellung über die Ausbildung dieser Membranen zu bilden.

Die Stellung der künftigen Pollenporen ist immer regelmässig, wenn die Zahl der Poren normal ist. — Wie jedes Pollenkorn annähernd die Form des Tetraëders hat (bei tetraëdrischer Theilung der Mutterzellen), so nehmen die Stellen der künftigen Pollenporen genau die Ecken des Tetraëders ein, — warum? Ich weiss es nicht; möglich ist, dass dies von der relativen Anordnung der jüngeren Pollenkörner in der gemeinsamen Mutterzelle abhängig ist (Fig. 21, Taf. II), um so mehr, als bei ihrer rechtwinkeligen Stellung in einer Ebene die Pollenkörner vier auch in einer Ebene angeordnete Pollenporen haben; bei tetraëdrischer Theilung ist diese Ebene zugleich Tangential-Ebene der gemeinsamen Mutterzelle. — Im allgemeinen bilden sich die Pollenporen an denjenigen Stellen oder Ecken, welche nach aussen abgewendet und relativ frei sind.

1) Neues Syst. III. p. 166.

Das Plasma hat in den Stadien XII (Fig. 20, Taf. II) und XIII (Fig. 21 A, B, Taf. II), wie ich schon bemerkt habe, von neuem zwei Sphären; aber die grössere Sphäre (Nucleus auct) ist so ausserordentlich zart, dass sie bei Einwirkung des Wassers und bei dem nachfolgenden Eintritt der Körnung des Protoplasmas verschwindet, und nur der Nucleolus bemerkt wird (Fig. 21, Taf. II).

An den Stellen, an welchen das Plasma von der primären Membran des Pollenkorns abgehoben ist, — ist seine äusserste Schicht fein doppelt contourirt; es ist fast unmöglich, das Plasma von den übrigen Stellen der primären Hülle abzuheben, was auf den innigsten anatomischen und genetischen Zusammenhang beider hinweist.

Wenn ein solches junges, lebendes Pollenkorn mit einem Farbstoff behandelt wird, — beobachtet man zuerst, wie immer, das Plasma als eine ganz homogene, klare und glänzende Substanz; bald erscheinen zwei von einigen plasmatischen Tröpfchen umgebene Sphären; die Membran färbt sich mit einem klaren Roth, aber die Porenstellen bleiben noch ungefärbt[1]) (Fig. 22 c, Taf. III). Nach einer oder zwei Stunden wird die grössere plasmatische Sphäre wegen der Anhäufung der plasmatischen Tröpfchen fast unsichtbar; die primäre Pollenmembran ist gefärbter; die Porenstellen sind jetzt auch stark gefärbt und sogar bedeutender als die primäre Membran (Fig. 22 d, Taf. III, dasselbe Exemplar Fig. 26, Taf. III).

In diesem Zustande beobachtet man auch, dass nur die äusserste Contour der primären Membran die Porenstellen bedeckt, aber mit bedeutenderer Vergrösserung erscheint dieser Ueberzug als eine äusserst dünne Schicht von denselben Eigenschaften wie die primäre Membran; nur wird er von Kalilösung nicht in solchem Maasse hoch-gelb gefärbt wie die übrige Membran. — Behandelt man solche Pollenkörner zuerst mit Alkohol und dann mit demselben Farbstoff, — so beobachtet man die schönste Erscheinung. Dann wird nämlich das Plasma von den Porenstellen abgezogen, während es an der primären Membran innigst anliegt (Fig. 24, Taf. III). Es zeigt sich, dass wirklich die Porenstellen von einer Substanz eingenommen sind, welche jetzt auch hoch-roth gefärbt ist. Zwischen dieser Substanz und dem Plasma bemerkt man die Spalten oder

1) Meyen (l. c. p. 174) hat diese Stellen als leere Räume betrachtet, welche durch Entziehung der inneren Membran auct. (Intine?) ausgebildet werden.

Interstitien, und diese Erscheinung spricht genügend dafür, dass der erste Anfang der Bildung der Pollenporen dadurch begründet wird, dass in diesen Stellen die schleimige aufquellbare Substanz abgelagert ist, was mit Angaben des H. Nägeli übereinstimmt (l. c. S. 26.), während die primäre Membran an diesen Stellen nicht völlig ausgebildet ist, weil es möglich ist, dass die Plasmaschicht im Momente der Umwandlung in Membran an diesen Stellen nicht gänzlich metamorphosirt wird. — Meyen (l. c. S. 162, Oenothera) und später Schacht (Lehrbuch I, S. 83, Taf. I, Fig. 13) glaubten zu beobachten, dass die Pollenporen durch Verdünnung der Exine in diesen Stellen entstehen. — Was ist diese Verdünnung? ist sie ein regressiver Process, oder ist die Exine in diesen Stellen gleichzeitig mit ihrer Entstehung nicht völlig ausgebildet? Es scheint, dass diese Autoren das erste glauben wollten.

Nichtsdestoweniger kann man in demselben Stadium bemerken, dass die primäre Membran einschichtig ist (Fig. 23, Taf. III) und dass nicht beide Contouren die Porenstellen decken, sondern nur eine äusserste Contour der primären Membran.

Jedenfalls ersetzt das Plasma jenen Mangel durch gleich nachfolgende und schnelle Secretion der schleimigen Substanz. — Diese Substanzablagerungen entsprechen den so genannten „Zwischenkörpern", welche H. Fritzsche in seinem Werke „Ueber den Pollen" beschrieben hat.[1]) Ich meine, dass man diese „Zwischenkörper" nicht als die Intineaussackungen (Fig. 34, Taf. IV, Zwk. Fr.) betrachten muss, wie es Meyen vermuthet hat (l. c.). — Diese Angaben werden im Lauf des weiteren Entwickelungsganges noch mehr bestätigt, weil es mir gelingen wird, über die Qualität dieser Substanz etwas Genaueres anzuführen.

Der beschriebene Bildungsprocess der primären Membran ist jetzt, glaube ich ins Klare und ausser jeden Zweifel gestellt. — Wir haben hier zwei verschiedene Processe neben einander: unmittelbare Umwandlung des Plasmas in eigenthümliche Membran und Secretionsprocess; nach den Erscheinungen, welche diese beiden Processe begleiten, können wir uns überzeugen, dass die primäre Pollenmembran mittelst des ersten Processes gebildet wird. —

Bei der Ausscheidung oder Secretion der schleimigen Substanz an den Porenstellen ist das Plasma nicht in innigem anatomischen

---

1) Mémoires de l'Acad des sc. de St. Ptsbg. 1837, p. 43.

Zusammenhang mit dem von ihm ausgeschiedenen Stoff, da es möglich ist, das Plasma von dieser Substanz zu trennen und seine Contouren dabei nicht zu beschädigen (Fig. 24, Taf. III). So viel ist selbstverständlich: wenn eine Substanz schon ausgeschieden ist, dann kann ihr Zusammenhang mit dem Inhalt, wegen der grossen Verschiedenheit ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften, nicht innig oder dauerhaft sein. — Andererseits sehen wir, dass es unmöglich ist, das Plasma von der primären Membran zu entfernen, was auch beweist, dass diese Membran einen anderen Ursprung hat, und die beschriebenen Eigenschaften zeigen, dass sie nicht von einem Kohlenhydrate zusammengesetzt ist. Wenn diese Membran cuticularisirt wäre, dann könnte man während dieser jungen Stadien die Zellstoffreaction dieser Membran wieder erzeugen; aber das ist, glaube ich, unmöglich. — Endlich erklärt sich der so innige Zusammenhang des Plasmas mit dieser Membran nur dadurch, dass das Plasma sich noch in der Substanz dieser Membran fortsetzt, was ganz natürlich ist; — nach der Ausbildung der primären Membran kann sich das Plasma noch nicht von dem Product der chemischen Metamorphose seiner Peripherie gleich absondern; wirklich sind diese Beziehungen so innig, dass wir die Form des Pollenkorns ganz verunstalten, aber das Plasma von der primären Membran nicht trennen können (Fig. 24, 26, Taf. III). — Schleiden[1]) hat ausgesagt, dass nach allen chemischen damals von H. Fritzsche beschriebenen Eigenschaften der Exine die Entstehung dieser Membran ganz eigenthümlich sein soll; wahrscheinlich hat er wegen dieser voreiligen Annahme sich irrthümlich für die Ausbildung der Exine durch Secretionsprocess, d. h. im Sinne der damaligen Nägeli'schen[2]) Vorstellungen erklärt.

Im folgenden (XV.) Stadium bemerkt man zwei innere Plasma-Sphären von einer dritten und breiteren Sphäre umgeben (Fig. 25, Taf. III); auf der Peripherie des plasmatischen Inhalts befindet sich von neuem eine plasmatische peripherische Schicht (Hautschicht des Protoplasma Pringsh.), welche durch Wasser beschädigt körnige Gestalt hat; der Raum zwischen dieser Schicht und der dritten Sphäre ist heller und mit wässeriger plasmatischer Substanz ausgefüllt, weil hier die dritte Sphäre nur dadurch ent-

1) Grundzüg. 1845, I. S. 313 u. 54.

2) „Es ist dieser Stoff ein reines Absonderungsproduct der Spore oder Pollenzelle." (Grundz. 1845, I. S. 313 und II. S. 296).

standen ist, dass der Inhalt nicht von der primären Membran sich lostrennen kann, und seine peripherische an der Membran stark angeklebte Schicht verlassend, sich von allen Seiten zu dem Centrum zieht. — Also muss man hier den Charakter der Sphären unterscheiden, und ich kann in diesem Falle diese dritte Sphäre nicht als eine durch einen natürlichen Process differenzirte Region des Plasmas betrachten, weil sie durch Zusammenziehung des ganzen Inhalts entsteht.

Die primäre Membran des Pollenkorns ist zweischichtig, wie in Fig. 23, Taf. III (diese Schichten sind sehr schwer zu unterscheiden). Die Porenstellen sind von der beschriebenen schleimigen Substanz eingenommen, welche auch durch Farbstoff schön roth gefärbt wird; aber bei derselben Consistenz ist ihre Quantität vermehrt, so dass die Pollenporen stärker nach aussen gewölbt sind.

Im Stadium XVI. (Fig. 27, Taf. III) verwandelt sich die neue peripherische Schicht des Plasmas in eine ähnliche Membran wie die primäre mit denselben chemisch-physikalischen Eigenschaften.

In Folge des innigen Zusammenhanges des Inhalts mit der erstgebildeten Membran ist diese zweite Membran mit der ersten auch so innig vereinigt, dass sie nur als eine zweite innere Schicht eine allgemeine zweischichtige Membran darstellt. — In den die Porenstellen betreffenden Regionen ist diese Schicht wegen der Anwesenheit der schleimigen Substanz nicht gänzlich ausgebildet und hat, das ist ganz natürlich, die ächten kreisrunden Oeffnungen, deren obere und untere Ränder sich als continuirliche Contouren projiciren (e Fig. 27, Taf. III). — Das Plasma ist selbstverständlich an diesen Stellen frei und wird mittelst bekannter Manipulationen von den Rändern der neuausgebildeten Membran ein wenig getrennt, aber es bleibt mit den übrigen Regionen dieser Membran in so inniger Verbindung, wie es bei der Bildung der ersten Schichten war, und es ist unmöglich dasselbe durch irgend welche Manipulationen ohne vollständige Zerstörung von diesen Regionen abzutrennen. — Was das Innere des Plasmas betrifft, so ist die dritte Sphäre jetzt etwas schwächer ausgebildet, und bemerkt man keine peripherische Plasmaschicht, d. h. diese Schicht ist in die zweite Schicht der Pollenmembran umgewandelt.

Stadium XVII (Fig. 28, Taf. III). Die innere Pollenmembran bildet sich nach der Bildung der zwei beschriebenen Schichten der äusseren Membran. — Schon jetzt hat diese Membran Zellstoffreaction; sie hat keine Oeffnungen oder Löcher, und bei ihrer Er-

scheinung hat sie in allen ihren Regionen die gleiche Dicke und Consistenz. Ihre Bildung geschieht mittelst eines ganz anderen Processes als die Bildung der ersten Membran, d. h. sie ist durch plasmatischen Inhalt des Pollenkorns ausgeschieden oder secernirt. — Folglich ist diese Membran allen anderen Zellmembranen, die aus Zellstoff zusammengesetzt und auch durch Secretionsprocess gebildet sind, — ganz ähnlich.

Nun ist es ganz klar, dass die erste zweischichtige Membran die Exine (Exine u. Intexine, Fritzsch), die zweite einschichtige und von Zellstoff gebaute Membran — die Intine darstellt.

H. Schacht[1]) hat die Pollenmembran als metamorphosirte innerste Schicht der Specialmutterzelle betrachtet. Nach ihm wird die äusserste Schicht durch Cuticularisationsprocesse in Exine verwandelt, die innere soll die Intine darstellen. Sachs[2]) nimmt die Entstehung der primären Pollenmembran durch Ausscheidungsprocess und die nachfolgende Differenzirung durch Cuticularisationsprocess an.

Aber die Exine bildet sich zuerst durch Metamorphose der peripherischen Schichten des Plasmas, die Intine entsteht später, und nach ihren Eigenschaften und anatomischen Verhältnissen stellt sie eine ganz besondere Membran dar. — In der That ist es möglich, diese Membran von einem grösseren Theil der Exine zu entfernen (Fig. 26, 28, Taf. III), obwohl es mir nicht gelang, sie ganz loszutrennen. — Ausser ihren Reactionen hat sie einen ganz anderen, nicht so glänzenden Anschein und nicht so derbe Consistenz; bei Behandlung mit gefärbten Lösungen wird sie zuerst schön-roth gefärbt (Fig. 29, Taf. III).

Das Stadium XVIII, welches nachfolgt, zeigt erstens, dass zwei innerste Sphären (Nucleolus und Nucleus), welche jetzt durch Wassereinwirkung sichtbar werden, nicht grösser sind als im Stadium der Fig. 23, Taf. III, während die dritte Sphäre fast nicht bemerkbar ist (vergl. Fig. 23 u. 29, Taf. III).

Doch sei hier bemerkt, dass diese Sphären im ersten Momente der Wassereinwirkung sehr scharf begrenzt sind, während in den Stadien der Fig. 3, 4, 8, 10, Taf. I, Fig. 13, Taf. II) selbst nach voller Einwirkung des Wassers jene Sphären solche Differenzirung nicht erreichen können. Das heisst, — die chemischen Differenzen

1) Lehrbuch, 1866, I. S. 85.
2) Lehrbuch, 1873, S. 474.

der inneren Sphären und des sie umgebenden Plasmas sind jetzt nicht nur bedeutender, sondern auch der Uebergang zwischen den verschiedenen Regionen des Plasmas ist nicht so allmälig.

Dieses Stadium unterscheidet sich noch dadurch, dass die Intine die kleinen Wölbungen oder Aussackungen bildet, welche in die Poren etwas einzudringen anfangen (Fig. 29, Taf. III), was in der Projection als eine Verdickung der Intine an diesen Stellen erscheint.

Was die Poren selbst betrifft, so muss man bemerken, dass sie auf der Oberfläche des Pollenkorns schon stark hervorragen; diese Hervorragung hat mit dem ersten Auftreten der Poren begonnen und ist dadurch bedingt, dass die an den Porenstellen ausgeschiedene, schleimige Substanz schon durch ihre Anwesenheit und darnach durch ihre Aufquellung die äusserste Contour der Exine nach aussen auswölbt, und dabei die beiden Exineschichten sich ausbiegen. — Diese Ausbiegungsstellen werden in der weiteren Entwickelungsfolge mächtiger entwickelt, weil sie nach ihrer Stellung bei der nachfolgenden Anwachsung des Pollenkorns eine nicht so bedeutende Ausdehnung und zwar nur in tangentialer Richtung erleiden können. Unten werde ich noch näher in diese Frage eingehen.

Die schleimige Substanz, die die Pollenporen ausfüllt, färbt sich auch durch Farblösung, aber ihre Consistenz ist jetzt körnig; sie quillt im Wasser stark auf, und es ist sehr schwer die Beobachtung so zu machen, dass die Poren durch Aufquellung dieser Substanz nicht durchbrochen werden. — Bei Durchbrechung der Poren geht diese Substanz nach aussen, wie das Fig. 29, Taf. III zeigt und dann kann man schon sehen, wie der äusserst feinste Porenüberzug zerrissen und nach der Seite geworfen wird.

Von jetzt an gehen alle nachfolgenden Differenzirungen und Ausbildungen sehr langsam vor sich, und die zwei folgenden Entwickelungszustände (Stad. XIX und XX, Fig. 30 und 31, Taf. III) sind nur dadurch unterschieden, dass die zuletzt ausgebildeten Theile viel mächtiger sind; nur im Inhalt bemerken wir die progessiven weiteren Entwickelungserscheinungen.

In dem Plasma bilden sich einige Vacuolen von verschiedener Grösse, wobei das Plasma nur eine einzige auf ein Minimum verminderte innere Sphäre hat; die äussere grössere Sphäre erscheint nicht mehr bei dem Eintritt der Einwirkung des Wassers. Das heisst, wir beobachten jetzt dieselbe Eigenschaft des Plasmas,

welche schon einmal wiedergekehrt ist und nach gegenwärtigen Betrachtungen „Auflösung des Zellkerns" heisst.

Wirklich (Fig. 31, Taf. III) zeigt später das Wasser schon keine Sphäre mehr und die Vacuolenbildung mit Wasser ist im höchsten Grade entwickelt. Die Vacuolen sind um so kleiner und zahlreicher, je näher sie dem physiologischen Centrum sind. — Diese Erscheinung hat schlagende Analogie mit der Erscheinung, welche wir in den frühesten Entwickelungsstadien beobachtet haben und welcher auch die Verschwindung der Sphären nachfolgte. — Solche Periodicität in den gleichen Erscheinungen, welche schon von H. Wimmel (l. c.) bemerkt war, hat eine grössere Bedeutung als man es vermuthen könnte.

Nun hat die Sphäre an Grösse nach und nach abgenommen, und diese Erscheinung wird dadurch erklärt, dass die Molecule dieser jetzt mehr als früher chemisch-verschiedenen und schärfer begrenzten Sphäre zwischen den übrigen Plasmamoleculen zerstreut werden, und die peripherischen Molecule der Sphäre gehen in andere Plasmaregionen über.

Verglichen mit derselben Erscheinung in früheren Stadien (Fig. 2, 6, 7, Taf. I) ist die jetzige Vacuolenbildungserscheinung intensiver als jemals, was noch einmal für eine erhöhte Differenzirung der Sphären spricht. — Kurz, mit jeder Wiederholung der Vacuolenbildung und der nachfolgenden Abwesenheit der Sphären sind die neu erscheinenden Sphären jedenfalls mehr und mehr differenzirt. Auf diese Weise, durch eine sich periodisch erhöhende Differenzirung nähern sich die Sphären ihrer vollständigen morphologischen Differenzirung.

Nichtdestoweniger sind diese Sphären noch vor der Einwirkung des Wassers unsichtbar, weil ihre Substanz noch nicht den nothwendigen Grad der Dichtigkeit bekommen hat, um ihre äusseren Regionen scharf zu begrenzen und sich ohne Einwirkung des Wassers deutlich erkennen zu lassen. — Wenn man will, kann man diese Sphären schon als einen Uebergang zur Bildung des ächten morphologischen Nucleus darstellen, aber sie sind in diesen Ausbildungen noch nicht in einen solchen umgewandelt.

Aber schon in diesem und noch mehr in dem vorgerückteren Stadium (Fig. 32, Taf. IV) hat das Plasma auch die natürlichen, durch Entwickelungsprocess selbst erzeugten, grösseren Vacuolen (Fig. 30, 31 v, v, Taf. IV), welche von den oben beschriebenen künstlich erzeugten, kleineren Vacuolen unabhängig sind und nichts

mit ihnen gemein haben. — Ueber den Ausbildungs- oder Erzeugungsprocess dieser Vacuolen, werde ich an einem anderen Orte berichten.

Im folgenden Stadium (XXI.) bildet das Plasma keine Vacuolen bei Einwirkung des Wassers mehr (Fig. 32, Taf. IV); das heisst, diese Eigenschaft ist verloren.

Ohne Wassereinwirkung hat das Plasma keine Sphären; zwei grosse Vacuolen sind anwesend. Unter Einwirkung des Wassers zeigt das Plasma eine kleinere Sphäre (Nucleolus) und bekommt dieselbe Neigung die plasmatischen Tröpfchen zu bilden wie im Stad. der Fig. 3, Taf. I; dort haben wir gesehen, dass letztere Beschaffenheit damals auch von der Erscheinung der neuen Sphären (secundärer Zellkern?) begleitet ist.

Nun tritt die wichtigste Entwickelungsepoche ein (XXII), bei welcher ich zwei Thatsachen in Betracht ziehen muss:

1) In dem plasmatischen Inhalt finden wir nur zwei grosse (Fig. 33, Taf. IV) oder mehrere kleinere Vacuolen (Fig. 34, Taf. IV); in der Plasmasubstanz selbst sind die verschiedenen runden Amylumkörnchen eingebettet (Fig. 34, Taf. IV). Nur beobachten wir jetzt vor und ohne Wassereinwirkung den echten Zellkern mit Kernkörperchen; aber dieser Nucleus ist noch von einer dritten, breiteren Sphäre umgeben, welche nur nach Einwirkung des Wassers sichtbar wird, d. h. sie ist nur chemisch-differenzirte Plasmaregion.

Also Nucleus und Nucleolus sind jetzt schon morphologisch differenzirt; aber die dritte Sphäre zeigt uns, dass wirklich der Nucleus und Nucleolus nichts anderes sind, als die vorherigen nur chemisch verschiedenen Plasmaregionen, welche nun die morphologische Differenzirung erleiden. —

Diese morphologischen Nuclei und ihre Nucleoli sind wirklich neugebildet; das folgt nicht nur aus der Abwesenheit jener Sphären in etwas früheren Stadien (Fig. 31, Taf. III), sondern auch aus einigen positiven Thatsachen, welche schon von H. Nägeli beobachtet und als besondere Entwickelungserscheinungen, wie es mir scheint, betrachtet wurden; doch bin ich geneigt diese Erscheinung nur als Zufall anzuerkennen.

Diese Erscheinung besteht darin, dass der morphologische Zellkern bei noch anwesenden Spuren des vorigen Nucleus (?) sich frei bildet (Fig. 33, Taf. IV). Diese letztere Erscheinung kann man oftmals beobachten, aber schon nach der Physiognomie dieser beiden Nuclei ist es leicht zum Schluss zu kommen, dass sie ihrer

morphologischen Bedeutung nach etwas verschieden sind, abgesehen davon, dass sie einen und denselben Ursprung haben müssen. — Da der eine nur unter Wassereinwirkung, der andere aber von selbst sichtbar wird, muss ich annehmen, dass der erste nur chemisch, der zweite schon morphologisch differenzirt ist.[1])

Folglich muss man in dem Falle, in welchem in einem Pollenkorn nur ein echter Nucleus beobachtet wird, auch annehmen, dass dieser Nucleus seine morphologische Ausbildung dadurch bekommt, dass die chemisch verschiedene, nicht scharf begrenzte Plasmasphäre eine definitive Begrenzung, d. h. eine morphologische Differenzirung erleidet, oder die den Nucleus bildende Substanz sich unabhängig von der erstvorhandenen Sphäre an einem andern Ort ansammelt, um in einen morphologischen Nucleus mit Nucleolus sich zu verwandeln, und es ist dies daher ein wirklich freigebildeter Nucleus.

2) Die Intine an den den Pollenporen anliegenden Stellen bildet die Aussackungen, welche in die Pollenporen eindringen und deren Wölbungen sich als die starken Verdickungen projiciren (Fig. 34-37, Taf. IV).

Aber die Poren sind von schleimiger Substanz ausgefüllt, welche, wie es schon bemerkt wurde, eine körnige Consistenz bekommt. Also drängt sich die Frage auf, — wie es möglich sei, dass die Intinenaussackungen in die Pollenporen eindringen können? —

Wenn wir eine und dieselbe Pore lange Zeit in einer Flüssigkeit beobachten, dann sehen wir, dass in den Poren ein grosser Tropfen fetten Oeles erscheint, aber dass die körnige Gestalt der Pore nicht nur nicht verschwindet, sondern noch deutlicher wird (Fig. 35 a, Taf. IV). Bei genauerer Untersuchung entdeckt man, dass diese Körnigkeit noch durch die Einkerbung oder Auflockerung der Exineschichten bedingt wird; wirklich haben diese Schichten hier den Anschein, als ob sie verletzt, zerrissen wären und von kleinen Cavernen durchsetzt würden. — Obschon wegen der Ausdehnung der Oeffnungen die Ränder dieser Schichten nicht scharf abgeschnittene Grenzen haben, so beobachtet man doch in den früheren Stadien, dass die stärker entwickelten Stellen dieser Schichten glatt und homogen sind; also die besprochene Lockerung ist der Vorläufer der nachfolgenden Verletzung.

---

1) Neuerdings habe ich erkannt, dass solche Entstehung des neuen Nucleus eine wichtige biologische Bedeutung haben kann.

Wenn ein Pollenkorn, welches noch keine sichtbaren Oeltropfen einschliesst (Fig. 36 a, Taf. IV), dem Druck unterworfen wird, dann bekommt man einen oder zwei Oeltropfen, welche durch Zerreissen des äussersten Porenüberzuges nach aussen gepresst werden (Fig. 36 b, Taf. IV). Diese Tropfen haben auch körnige Gestalt, weil sie die kleinsten Partikelchen in sich einschliessen; — doch nach einiger Zeit haben die Tropfen eine ganz gewöhnliche Physiognomie, weil die Partikelchen mit dem Oel jetzt ganz benetzt werden, — und wegen des ähnlichen Lichtbrechungsvermögens unsichtbar sind.

Diese Thatsachen werden nur dadurch erklärt, dass dieses Oel durch die unmittelbare Verwandlung der oben beschriebenen, die Pollenporen anfüllenden schleimigen Substanz entstanden ist. — Mit dieser Umwandlung geht auch die Auflockerung der Exinenschichten vor sich und dass in den entstehenden Cavernen sich bildende Oel dringt ein und wird also nur dann der oberflächlichen Beobachtung zugänglich sein, wenn seine Quantität so gross wird, dass es einen grossen Tropfen bildet (Fig. 35 a, Taf. IV). — Die Thatsache, dass in den Poren, in welchen man noch kein Oel bemerkt, nach Einwirkung des Wassers oder des Druckes Oeltropfen erscheinen, — deutet darauf hin, dass dieses Oel seine Grenzen in den Cavernen verdeckt und seine äusseren Conturen deswegen nicht scharf waren; aber in wässeriger Flüssigkeit erhält das Oel scharfe Grenzen und erscheint als ein echter Tropfen.

Die Richtigkeit dieser Erklärung ist ganz unumstösslich, wenn wir das folgende Experiment im etwas späteren Stadium (XXIII.) ausführen, — in welchem von selbst ein grosser Tropfen in jeder Pollenpore sichtbar ist. In diesem Stadium erlangt die Intine an den die Poren betreffenden Stellen die Fähigkeit im Wasser aufzuquellen; das Oel, welches in den Pollenporen eingeschlossen ist, wird nach und nach durch Intineaussackungen nach aussen gepresst und hängt sich am Scheitel oder an den Seiten der Poren in Form von glänzenden Tropfen an.

Nun, wenn der Inhalt eines solchen Pollenkorns sehr vorsichtig zusammengezogen wird, ist die Intine nur an den Porenstellen abgezogen, und durch den atmosphärischen Druck werden auch die Oeltröpfchen nach hinten zu gerückt, sie treten in den inneren Saum des Pollenkorns (Fig. 38 α, β, Taf. IV) ein und zwar auf solche Weise, dass ihre hinteren Hälften die Intine berühren, die

vorderen sich aber noch in den Porensäumen befinden. — Jetzt lässt man sehen, dass diese letzteren Theile sich im innigsten Zusammenhang mit den inneren Porenwänden befinden, und zwar so, dass ihre Contouren nicht scharf gesehen werden können. — Dann stellt sich die Pore als gänzlich frei von Oel dar, was wir an jungen Pollenkörnern in ihrem natürlichen unveränderten Zustande beobachten. — Aber nach einiger Zeit ziehen sich die äusseren Grenzen dieser Theile der Oeltropfen zusammen und dann zeigt er sich als bisquitförmiger aus zwei Halbtröpfchen gebildeter Tropfen (Fig. 38, Taf. IV).

Dasselbe Präparat zeigt auch das innige Ankleben des Inhalts an der Intine, weil abgesehen von dem bedeutenden Aufquellungsvermögen der Intineaussackungen — die letzteren dem Inhalt zu folgen genöthigt sind, und in diesem Zustande der Aufquellung als die verdickten Regionen der Intine sich darstellen, was aber im unverletzten Zustande nicht der Fall ist.

XXIV. Stadium. Die Aussackungen der Exine dringen nach und nach in die Pollenporen ein, bis sie den äussersten dünnen Porenüberzug berühren (Fig. 37, Taf. IV; Fig. 40, 42, Taf. V); das Oel wird nach und nach nach aussen gepresst, wo es in Form der grösseren glänzenden Tropfen auf den Seiten der Poren hängen bleibt (Fig. 40, Taf. V).

Die Intine erhält jetzt ein grösseres Aufquellungsvermögen, aber immer nur an ihren Porenaussackungen; ihre übrigen Regionen sind in derselben Grösse entwickelt, doch sie sind nicht aufquellbar; sie sind sehr innig mit der Exine verbunden, was schon den älteren Botanikern bekannt war (Mirbel, l. c. Cucurbita).

Die erste Auswachsung des Pollenschlauches, ich weiss nicht bis zu welchem Zeitpunkt, wird also dadurch erzeugt, dass die Aussackungen der Intine durch Aufquellung ihrer Wände nach aussen gehen und noch lange Zeit wächst der Pollenschlauch in Folge dieser Beschaffenheit seiner Wände fort. — In dem Plasma bilden sich unzählige kleine Amylumskörnchen, welche ganz bestimmt nach der Stellung der Bänder des Plasmas angeordnet sind (Fig. 40, Taf. V). Später werden diese Körner noch kleiner und zahlreicher und der Inhalt verwandelt sich in die bekannte Fovilla, deren Körnchen Amylumkörnchen und Oeltröpfchen darstellen, was schon von H. Fritzsche angezeigt wurde (l. c.).

Nun muss ich zurückkehren, um eine andere wichtige Frage zu betrachten. Wenn die Aussackungen der Intine in die Pollen-

poren eindringen und das fette Oel nach aussen pressen, wie soll man es erklären, dass der äusserste und sehr leicht zerstörbare Ueberzug der Pollenporen unversehrt bleibt, wenn das Oel wirklich nach aussen gepresst aber nicht vom Inhalt durch Secretionsprocess ausgeschieden wird? Um mir diese Frage zu erklären, habe ich folgende ganz einfache Beobachtung aufgestellt.

Ich habe ein Pollenkorn des Stadiums XXIII, in welchem das Oel sich schon von selbst in einen grossen Tropfen gesammelt hat, in eine wässerige Flüssigkeit gelegt und während mehrerer Stunden eine und dieselbe Pore beobachtet. Dann geht das Oel schon nach einer Stunde nach aussen ohne dass die Intine in die Pore eindringt (Fig. 35 a und b, Taf. IV) und hängt zugleich am Scheitel der Pore, in mehrere Tröpfchen zertheilt; — unter dem sich im Innern befindenden und nach aussen hervorgetretenen Tröpfchen bemerkt man noch kleinere Tröpfchen, welche durch den Porenüberzug ausfliessen, das heisst, dass das Oel durch die kleinsten capillären Interstitien dieser Membran nach aussen dringt, was dadurch befördert wird, dass der Inhalt des Pollenkorns nach und nach, aber sehr allmälig, das Wasser aufnimmt und einen sehr zarten Druck auf das in den Poren befindliche Oel ausübt; der äussere Porenüberzug kann wegen seiner oben beschriebenen Structur diesem Ausfliessen nicht widerstehen. — Es ist nun Zeit zu der Verfolgung des weiteren Schicksals der Specialmutterzellen zurück zu kehren.

Schon seit dem Stadium XIV (Fig. 21, Taf. II.), beginnt die Desorganisation der Mutter- und Specialmutterzellen; die Pollenkörner werden dadurch frei, dass bei diesem Desorganisationsprocess der centrale collenchymatische Verdickungskörper einiges Aufquellungsvermögen erlangt, und die Pollenkörner durch diese mechanische Einwirkung frei gelegt werden, wobei die Erweichung der Specialmutterzellenmembranen diese Einwirkung erleichtert.

Der Desorganisationsprocess ist leicht daran zu erkennen, dass die Substanz der Mutterzellen die Zellstoffreaction verliert und sich etwas erweicht, aber niemals in solchem Grade um sich in eine wässerige Auflösung zu verwandeln. — Der centrale Verdickungskörper widersteht der Desorganisation viel länger als die übrigen Theile der Mutterzellmembranen und sehr oft kann man diesen Körper zwischen den Pollenkörnern frei liegend auffinden, wobei er noch seine vorige Construction, glasglänzenden Anschein und etwas knorpelige Consistenz bewahrt.

Im Stadium XXI (Fig. 32, Taf. IV) sehen wir auf den Pollenkörnern die Fäden der viscinartigen Substanz, deren bedeutendere Masse grossentheils auf den äusseren Seiten (welche in den Specialmutterzellen nach aussen abgewendet ist) sich vorfindet. Dies deutet darauf hin, dass die Mutterzellmembranen schon im Stadium XIV (Fig. 21, Taf. IV) zum Theil in viscinartige Fäden sich zu verwandeln angefangen haben, und bei Befreiung der Pollenkörner an ihren äusseren (oder hinteren) Flächen ankleben.

In dem Zeitpunkt, in welchem die Intine schon den äusseren Porenüberzug berührt, wird diese fädenbildende Substanz in fettes Oel verwandelt und diese Verwandlung kann man an einem und demselben Faden in ihren verschiedenen Theilen Schritt für Schritt verfolgen; Fig. 39 stellt ein Pollenkorn dar, an welchem mehrere Fäden angehängt sind und an einigen Stellen ist die klebrige Substanz in fettes Oel verwandelt, während in den anderen Theilen der Fäden diese Umwandlung noch nicht eingetreten ist, was man schon nach ihrem Lichtbrechungsvermögen sehen kann.[1])

Folglich hat das fette Oel, welches an den reifen Pollenkörnern hängt, verschiedenartigen Ursprung: einen inneren und einen äusseren; der innere ist nicht Secretion aus dem Inhalt des Pollenkorns, wie es einige Autoren glaubten[2]), sondern ein Kohlenhydrat (schleimige Substanz, welche die jungen Poren ausfüllt) das in fettes Oel verwandelt wird.

Das äussere Oel wird auch durch Verwandlung des einen Kohlenhydrates (Zellstoff der Mutterzellenmembrane) erzeugt[3]).

In der That beobachten wir im allgemeinen, dass das fette Oel aus den Kohlenhydraten sich bildet; so verwandelt sich Amylum sehr oft unmittelbar in fettes Oel, was ich z. B. in den Sporen von Angiopteris longifolia nachgewiesen habe.[4]) Andererseits bemerkt man die unmittelbare Erscheinung des fetten Oels in dem plasmatischen Inhalt der Zelle auch in solchen Fällen, in welchen dieses fette Oel die Rolle des Amylums bei den physiologischen Processen übernehmen muss.

---

1) Derselbe Verwandlungsprocess der Mutterzellenmembrane in fettes Oel ist von H. Schleiden ganz genau beschrieben, aber durch directe Beobachtung nicht constatirt; wahrscheinlich darum ist diese Beschreibung vergessen (Grundzüge 1845, II. S. 294).

2) Z. B. H. Schacht, Pringsh. Jahrb. Bd. II. S. 156, p. 14.

3) Meyen (N. Syst. III. S. 131.) vermuthete, dass dieses fette Oel bei Oenothera biennis auf solche Weise entstehen müsse.

4) Sur le developpement des Sporanges et des Spores de l'Angiopteris longifolia. An. des sc. natur. 5me Serie. Tome XIX. p. 275. Phase XIII.

Diese kurz erwähnten Thatsachen stimmen mit von mir gemachten Angaben vollständig überein. Zu der Zeit der Bildung des inneren fetten Oeles haben die Pollenkörner noch keine Amylumkörnchen und folglich ist in dem plasmatischen Inhalt des Pollenkorns die Anwesenheit des fetten Oeles unwahrscheinlich. Wirklich zeigen sich die Tröpfchen des fetten Oeles in der Fovilla viel später als die erste Erscheinung der Amylumkörnchen entstanden sind. Aber lange vor diesem Zeitpunkt ist das fette Oel der Poren schon ausgebildet und nach aussen gepresst.

Die zweite Entwickelungsperiode ist also durch Formenbildungserscheinungen characterisirt, deren wichtigste die Ausbildung der Exine und des morphologischen Nucleus, sind.

Bei den Marattiaceen (l. c.) habe ich die chemisch-differenzirten Sphären Pronucleus genannt, und hier behalte ich diese Benennung bei, d. h. ich muss annehmen, dass die Pollenmutterzellen des Epilobium einen Pronucleus mit Nucleolus haben, welcher am Ende der Entwickelung in einen echten morphologischen Nucleus mit Nucleolus verwandelt wird.

Die Hauptfragen in dieser Entwickelungsperiode sind folgende:

1) Ob der Pronucleus während seiner periodischen Entstehungen und nachfolgenden Anwachsungen nur im Zustande des Pronucleus bleibt, oder ob er jedesmal eine morphologische Differenzirung erreicht?

2) Wie sich der Nucleolus bei allen diesen Processen verhält?

3) Was der Primordialschlauch ist?

Alle diese Fragen erfordern noch genauere Beobachtungen.

Abnormitäten.

Die Pollenkörner haben sehr verschiedene Grösse, wie es aus Vergleichung der verschiedenen Figuren klar ist.

Wichtigere Abnormitäten bestehen darin, dass die Pollenkörner, wie ich schon oben angedeutet habe, eine verschiedene Anzahl der Pollenporen haben können.

Diese Abnormitäten sind noch in den früheren Stadien angelegt. Zum Beispiel: Eine Pollenmutterzelle kann unmittelbar ein einziges Pollenkorn erzeugen ohne vorangehende Theilung, d. h. ohne Bildung der Specialmutterzellen (Fig. 49, Taf. V). Hier sehen wir eine

sehr interessante Erscheinung, welche darin besteht, dass in den Verdickungsschichten zwei Ablagerungsperioden bemerkbar sind. Die erste, welche dem ersten Verdickungsprocesse der Mutterzellen und die zweite, welche der Verdickung oder der Ausbildung der Specialmutterzellen entspricht; diese beiden Perioden sind durch eine bemerkbare Linie geschieden. Diese Zelle hat sich schon der Bildung des Pollenkorns genähert, weil in ihrer Verdickungssubstanz schon die secundären Differenzirungen sich bemerken lassen, was vor der Bildung der Exine stattfindet.

Die anderen Abnormitäten sind dadurch characterisirt, dass die Mutterzelle sich nicht in vier sondern in mehr Specialmutterzellen theilt. In diesem Falle ist die Theilung ganz unsymmetrisch und die Plasmaportionen haben sehr verschiedene relative Grösse (Fig. 50, Taf. V); da die Pollenporen in den freien Ecken der verschiedenen Portionen gebildet werden, so müssen einige dieser Portionen, welche nicht drei, sondern vier Nachbarinnen haben, mehr als drei Pollenporen ausbilden.

Allgemeine Uebersicht.

Der ganze Entwickelungskreis des in Frage stehenden Pollens im Allgemeinen betrachtet, stellt uns erstens die Mutterzellen dar, die einen Pronucleus, eine Erscheinung der chemischen Differenzen der verschiedenen Plasmaregionen haben.

Dieser Pronucleus erleidet, wie wir es mehrmals gesehen haben, vor seiner definitiven Umwandlung in einen morphologischen Nucleus die periodischen Anwachsungen oder Vergrösserungen und gleichzeitigen auch periodischen Annäherungen seiner Differenzirung zum morphologischen Nucleus; — d. h. er erreicht jedesmal ein Maximum seiner Differenzirung und jedesmal ist dieses Maximum bedeutender; — jedesmal nachdem er dieses Differenzirungsmaximum erreicht hat, wo er sich vom echten morphologischen Nucleus nur durch seine Unbemerkbarkeit vor der Wassereinwirkung unterscheiden lässt, verschwindet er, sei er getheilt oder nicht, um dem Plasma jedesmal eine neue Beschaffenheit mitzutheilen und um an seiner Stelle einen oder mehrere neue Pronuclei, welche noch bedeutendere Differenzirung erreichen sollen, — entstehen zu lassen. Endlich ist das Differenzirungsmaximum des einen dieser Pronuclei so bedeutend, dass er in einen morphologischen Nucleus verwandelt wird.

Auf solche Weise muss ich die von mir beobachteten Erscheinungen erklären, und die oben aufgestellten Fragen zeigen, dass diese Erklärung nur in dem Sinne einer allgemeinen Voraussetzung angeführt ist.

Was die peripherische Schicht des Plasma betrifft, kann man behaupten, dass sie zugleich unter Wassereinwirkung oder durch Einfluss der anderen Reagentien erscheint und der Hautschicht des Protoplasma Pringsh. ganz genau entspricht. In diesen Punkten stimmen meine Untersuchungen mit den Angaben des H. Pringsheim völlig überein.[1])

Nur am Ende der ersten Periode erleidet jene Schicht einige morphologische Differenzirung; aber diese Erscheinung findet erst nach voller Ausbildung der Specialmutterzellen statt, und dabei differenzirt sich diese Schicht nur um sich gleich und unmittelbar in Exine zu verwandeln.

Folglich ist das Plasma nicht durch Thätigkeit des Primordialschlauches, dessen Thätigkeit hier nicht nothwendig ist, getheilt, sondern es ist die Theilung durch innere und uns bis jetzt unbekannte chemisch-physiologische Processe bedingt.

Diese Theilung des Plasmas wird dadurch ausgeführt, dass zwischen den Plasmaportionen eine Substanz von Kohlenhydratnatur ausgeschieden wird und sogleich eine Individualisirungssubstanz darstellt. — In dieser Substanz gehen die secundären Differenzirungen vor sich, durch welche die verdichteten, den primären Scheidewänden entsprechenden Lamellen sich ausbilden.

Die Exine nimmt an Dicke zu; diese Auswachsung muss dadurch geschehen, dass sie ihre Nahrung von dem Plasma bekommt, dessen Molecule in die Exine mittelst Intussusceptionsprocess eindringen und dort eingelagert werden; — die beschriebenen Thatsachen zeigen, dass auf diese Weise sich keine neue Membran im Aeusseren bildet, weil die beiden Exinenschichten zuerst und unmittelbar aus der peripherischen Plasmaschicht ausgebildet werden.

Hier also, wie bei der Entwickelung der Sporen von Angiopteris (l. c.) habe ich, so zu sagen, — die Entwickelungsgeschichte des Nucleus verfolgt, und kann man glauben, dass das Plasma nur durch rein chemische Processe seine morphologisch-höhere Organisation gewinnt. Folglich ist die Organisation des Plasmas der Mutterzellen während ihrer Entwickelung etwas niedriger als die

1) Pringsh., Bau und Bild. p. 15 und 56.

2) Bot. Ztg. 1872, Nr. 2.

Organisation der Amoeben, und entspricht vielmehr der Organisation der Prot-Amoeben; also ist die Meinung des H. Hanstein betreffend des ganz entwickelten Plasmas richtig. Seine Beobachtungen und Voraussetzungen (l. c. S. 22, 25, 27, 44) können meine schon im Jahre 1871 (Januar) russisch[1]) und jetzt französisch[2]) publicirten Untersuchungen über die Entwickelung der Angiopterissporen unterstützen, — weil ich schon dort diese Organisationsentwickelung des Plasmas entdeckt und in allen Einzelheiten entwickelungsgeschichtlich beschrieben habe.

Erklärung der Abbildungen.

[Epilobium angustifolium.]

Taf. I.

Anmerkung. Die Abbildungen, welche mit einer Ziffer bezeichnet sind, stellen ein und dasselbe Exemplar einer Mutterzelle oder eines Pollenkorns dar. — a b c d e f benennen die verschiedenen Zustände der Wassereinwirkung auf das Plasma. α die den Nucleus umgebende Sphäre. β die Sphäre, welche dem Nucleus auct. entspricht. — n Nucleolus. v, v Vacuolen. e Exine, i Intine. o Oel.

Fig. 1. Eine im destillirten Wasser beobachtete Mutterzelle, deren Plasma vier concentrische Sphären zeigt, von denen zwei innerste bedeutender differenzirt sind und nur den Nucleolus auct darstellen sollen.

Fig. 2. Die in destillirtem Wasser beobachtete Mutterzelle, deren Nucleolus den sogenannten Auflösungsprocess erleidet, während der Nucleus auct schon gänzlich verschwunden ist; das Plama zeigt die Erscheinung der Vacuolenbildung.

Fig. 3. Die mehr entwickelte Zelle, deren Nucleus aus mehreren concentrischen Sphären besteht; der Nucleolus (n'?) ist ganz homogen; die Körperchen und der dunklere innere Raum (n'Fig. 2) sind verschwunden. Dest. Wass. Zwischen Fig. 2 und 3 giebt es, wie man anerkennen muss, mehrere Uebergangsstadien, welche mir entgangen sind; deswegen kann ich nicht feststellen, ist der Nucleus der Fig. 3 derselbe Nucleus als in Fig. 2 und der Nucleolus n' einer von den Körperchen (n' der Fig. 2) welcher durch Anwachsen im jetzigen Nucleolus promovirt ist.

Fig. 4. Etwas mehr entwickelte Mutterzelle, welche einen secundären Nucleus mit Nucleolus auct. hat. — Dest. Wass.

Fig. 5 c und d. Theilung des Nucleus in vier Theile. Dest. Wass.

Fig. 6 b und c. Von H. Wimmel (l. c.) beobachtete Wanderung der Zellkerne; in d, die Linien, welche diese Nucleoli (vergl. Text) vereinigen, erklären die relative Stellung der Nucleoli. Dest. Wass.

---

1) Ueber die Entwickelungsgeschichte der Sporangien und Sporen der Farnkräuter (Polypodiaceae und Marattiaceae) Abh. der kais. Gesellsch. der Freunde der Naturwissensch. in Moscau. Vol. IX. Th. 2. Moscau. Januar 1871. 4.

2) An. des sc. natur. Serie V. Tome IX.

Fig. 7. Die Mutterzelle, welche keine Sphärendifferenzirung zeigt und mehr vorgerückte Entwickelungszustände darstellt. Dest. Wass.

Fig. 8. Die mehr entwickelte Mutterzelle mit zwei secundären (tertiären?) Nuclei; zwischen diesen — plasmatische körnige Gürtel; der eine Nucleus ist im Zustande c, der andere im Zustande d abgebildet.

Fig. 9. Eine Mutterzelle im Anfange der Bildung der Scheidewände von der Fläche gesehen. Dest. Wass.

Fig. 10 c und f. Der erste Moment der Bildung der Scheidewände, welche die unmittelbare Ursache der Theilung des Plasmas ist. Optischer Durchschnitt.

Taf. II.

Fig. 11. Das folgende Stadium, in welchem die Verdickung der schon vorhandenen und im vorhergehenden Stadium simultan gebildeten Scheidewände von der Peripherie nach dem Centrum vor sich geht. Optischer Durchschnitt. Dest. Wass.

Fig. 12. Dasselbe Stadium; eine andere Mutterzelle; optischer Durchschnitt.

Fig. 13. Etwas mehr entwickelte Zelle; von drei Plasmaportionen ist eine im Zustande a, die andere in b, und die dritte in d abgebildet. Optisch. Durchschn. Dest. Wass.

Fig. 14. Collenchymartige Verdickung der Centraltheile der Scheidewände im optischen Durchschnitt gesehen. Die drei Plasmaportionen sind im Zustande a, b und c der Einwirkung des distillirten Wassers abgebildet; bei weiterer Einwirkung des Wassers können die Plasmaportionen eine in die andere überfliessén oder alle drei mit ihren peripherischen Theilen zusammenschmelzen, was man durch Verflüssigung der peripherischen Theile der Scheidewände sich erklären muss.

Fig. 15. Eine tetraëdrisch getheilte Mutterzelle und in um 45° relativ der der Fig. 14 gedrehten Position. Dest. Wass.

Fig. 16. Die Specialmutterzellen vor der Exinenausbildung, von der Fläche gesehen. Dest. Wass.

Fig. 17. Eine Mutterzelle mit eigenthümlicher Lagerung der Specialmutterzellen in einer Ebene. Die Linie k kann abwesend sein, dann sind zwischen den Specialmutterzellen nur zwei gekreuzte Diagonallinien vorhanden.

Fig. 18. Eine Mutterzelle mit den tetraëdrisch angeordneten Specialmutterzellen in der Stellung, wo nur zwei Specialzellen sichtbar sind. Der Inhalt ist gänzlich contrahirt und mit einer Farbstofflösung gefärbt, um die Grade der Verdichtung der Specialzellenwandungen zu zeigen.

Fig. 19. Ein junges Pollenkorn mit kaum ausgebildeter Exine; diese zeigt noch keine Spuren der Pollenporen. Dest. Wass.

Fig. 20. Ein etwas älteres Pollenkorn, welches mit ersten Spuren der Pollenporen an drei Stellen beginnt.

Fig. 21. Bau der Wände der Specialmutterzellen; in der Mitte der tetraëdrische collenchymatische Körper, welcher aus drei verschiedenen Theilen besteht: 1) erstgebildete primäre Scheidewände; 2) Dunkle nicht aufquellbare Ablagerungsschicht des Zellstoffs, welche unmittelbar in die sogenannten Zähnchen übergeht; 3) Aufquellbare Zellstoffschicht, welche in die innerste, in anderen Theilen nicht aufquellbare Schicht der Wände der Specialzellen übergeht. — Durch das bedeutende Aufquellungsvermögen der letzteren Schicht sind die Plasmaportionen stark gepresst, so dass sie tiefe Ausbuchtungen an den inneren

Flächen bekommen (Fig. 14). e' Eine von vier Pollenkörnern aus derselben Tetrade; sie ist aus ihrer Specialzelle gezogen.

Taf. III.

Fig. 22. Eine Mutterzelle desselben Stadiums mit einer Farbstofflösung behandelt.

Fig. 23. Etwas mehr entwickelte Mutterzelle; jetzt wird die Exine in Kalilösung gelb gefärbt.

Fig. 24. Dasselbe Stadium im Zustande der Einwirkung der Farbstofflösung. Der Inhalt ist von der abgeschiedenen Substanz losgetrennt.

Fig. 25. Kaum mehr vorgerücktes Stadium; die Zelle ist aus einer mit Alkohol behandelten Anthere genommen und mit Farbstofflösung behandelt.

Fig. 26. Pollenkorn mit vier Pollenporen lange Zeit mit Farbstoff behandelt. Der Inhalt hat viereckige Form angenommen, weil er sich von der Exine nicht lostrennen kann. Die Substanz, welche sich in den Pollenporen befindet, zeigt die Schattirungen der Färbung, was auf die Verschiedenheiten der Dichtigkeit dieser Substanz in ihren verschiedenen Regionen hindeutet.

Fig. 27. Die zweite Exinenschicht e ist gebildet.

Fig. 28. Dasselbe Stadium; Pollenkorn mit vier Pollenporen.

Fig. 29. Mehr vorgerücktes Stadium. Die Zelle ist mit Farbstoff behandelt und im Zustande b abgebildet. Die Substanz in den Pollenporen ist schon granulirt und im hohen Grade hygroscopisch; sie quillt sehr bedeutend auf, zerreisst den äusseren Pollenüberzug und geht etwas nach aussen. Die Intine fängt schon die Aussackungen in den Pollenporen auszubilden an, was in Projection als die Verdickung erscheint. Intine ist auch gefärbt.

Fig. 30. Mehr vorgerücktes Stadium; die Substanz in den Pollenporen ist nicht abgebildet um die Projection der Exinentheile besser zu sehen. Dest. Wass.

Fig. 31. Etwas noch mehr vorgerücktes Stadium als in Fig. 30. Natürliche Vacuolenbildung. Ex-Projection der entwickeltsten Stellen der beiden Exinenschichten. ie-Projection der inneren Exinenschicht (Intexine Fritzsche). Dest. Wass.

Taf. IV.

Fig. 32. Ein Pollenkorn nach Zerstörung der Mutterzellenwandungen, welche in zähe Fäden (M.) verwandelt sind. Dest. Wass.

Fig. 33. Ein Pollenkorn in vertikaler Stellung, um die relative Anordnung der Pollenporen darzustellen. — Neuer Nucleus (?), n' ist bei Anwesenheit der Ueberreste des älteren Pronucleus n ausgebildet.

Fig. 34. Ein mehr entwickeltes Pollenkorn; die Umwandlung des Pronucleus in Nucleus ist ganz beendet, die kleinsten Amylumkörnchen sind im Plasma schon vorhanden; die Intine hat in den Pollenporen eingehende Aussackungen ausgebildet, welche als Verdickungen der Intine projicirt werden. Dest. Wass.

Fig. 35 a. Eine Pollenpore eines im Wasser liegenden Pollenkorns; diese Pollenpore hatte zuerst keine Oeltropfen; dieser hat sich erst während der Beobachtungsdauer zusammengesammelt. — b. Dieselbe Pollenpore bei weiterer Beobachtung; Oel dringt durch den äussersten Porenüberzug nach aussen, was durch Eindringung des Wassers in den Porenraum und in den Pollenkorninhalt zu erklären ist.

Fig. 36. Zwei Pollenporen eines im Wasser liegenden Pollenkorns; diese Pollenporen haben zuerst keine sichtbaren Oeltropfen, wie es in a abgebildet ist; b nach einem Druck wird das Oel in zwei ungleichen Tropfen gesammelt und nach Aussen durch Zerstörung des Porenüberzuges gepresst. — Der grössere Tropfen schliesst noch kleine Partikelchen der aufgelockerten Exinenschichten ein, wodurch ein körniges Aussehen der Tropfen bedingt wird.

Fig. 37. Fast vollendete Ausbildung der Intinenaussackungen. Die Aussackungswandungen sind etwas mit Wasser imbibirt und aufgequellt. Der Inhalt stellt schon ganz entwickelte Fovilla dar. Dest. Wass. Glycerin.

Fig. 38. Ein Pollenkorn, dessen Inhalt contrahirt ist. Die Intine, an welcher der Inhalt stark angeklebt, ist auch nach Innen zurückgezogen; dahin folgen auch die Oeltropfen nach.

Fig. 39. Ein Pollenkorn mit vier in eine Ebene geordnete Pollenporen von der Fläche gesehen. Die Fäden (M), welche von den zerstörten Mutterzellenwandungen ihren Ursprung haben, — sind an dem Pollenkorn angehängt. In den Punkten o, o ist die Substanz dieser Fäden schon in Oel verwandelt. — Dest. Wass. — Glycerin.

Taf. V.

Fig. 40. Ein Pollenkorn mit Nucleus und Plasmabänder. Die Intine ist schon gänzlich in die Poren eingedrungen. Das Oel ist aus den Poren geflossen und an den Porenseiten angehängt. Die mehrzähligen Amylumkörnchen, die sich im Plasma befinden, sind nach der Richtung der Plasmabänder angeordnet.

Fig. 41. Ein ganz reifes Pollenkorn unter Einwirkung der Kalilösung und im optischen Durchschnitt gesehen. Die Intinenaussackungen sind durch Aufquellung seiner Wandungen etwas nach aussen hervorgeragt und haben den äusseren Porenüberzug als Deckel emporgehoben.

Fig. 42. Ganz reifes Pollenkorn von der Fläche gesehen. Die Pollenporen haben zwei scharf abgeschnittene Schattirungen, was die Projection der zwei Exinenschichten darstellt. — Die Intinenaussackungen befinden sich noch in ihrem natürlichen unaufgequollenen Zustande.

Fig. 43. Ausserordentlich zarter durch eine Pollenpore in horizontaler Fläche geführter Schnitt. Zwischen v und d sieht man den äusseren Porenüberzug, auf welchem die aufgequollene Intinenaussackung mit an ihr angeklebten Inhalt liegt. Diese Aufquellung, welche nur an jener Stelle stattfindet, hat den ganzen Schnitt nach aussen gebogen.

Fig. 44—48. Die anomalen Pollenkörner mit verschiedenen Zahlen der Pollenporen und ihren verschiedenen Anordnungen. 44—47 im optischen Durchschnitte. Fig. 48 von der Fläche gesehen.

Fig. 49. Eine anomale Pollenmutterzelle, die statt der Theilung in Specialmutterzellen ihre Membran zweimal verdickt hat.

Fig. 50. Eine anomale Mutterzelle in der Theilung. Der Inhalt ist in fünf Portionen von ungleicher Grösse getheilt.

Alle diese Zeichnungen sind mittelst Prisma nach der Natur copirt. Microscop Hartnack.

Entwicklungsgeschichte des Prothalliums bei den Cyatheaceen, verglichen mit derselben bei den anderen Farrenkräutern.

Von

Dr. Hermann Bauke.

Einleitung.

Der erste, welcher den Versuch einer Eintheilung der Farnkräuter machte, war Bernhardi[1]). Er wählte als Eintheilungsprincipien die Gegenwart oder Abwesenheit des Ringes bei den Sporangien, die Art der Dehiscenz bei denselben und das Fehlen oder Vorhandensein eines Schleiers. So willkürlich diese Merkmale gewählt sein mochten, so musste doch die genaue Berücksichtigung der beiden erstgenannten von ihnen im Wesentlichen zu der Abgrenzung der heute von den meisten Forschern angenommenen Gruppen führen. Dieser Schritt war aber erst dem Scharfblicke Robert Brown's[2]) vorbehalten, welcher demgemäss die Farne in Polypodiaceen, Gleicheniaceen, Osmundaceen und Ophioglosseen eintheilte, wobei er zu den Polypodiaceen auch die Hymenophylleen und die Cyatheaceen hinzuzählte. Der nächste, welcher die Systematik der Farrenkräuter wesentlich förderte, war Kaulfuss[3]). Dieser verdienstvolle Forscher stellte zunächst die Lycopodiaceen und Marsileaceen als mit den übrigen Farnen gleichbedeutende

1) Tentamen novae generum Filicum et specierum earum Germaniae indigenarum dispositionis; und Tentamen alterum Filices in genera redigendi (Schrader, Journal für die Botanik, Göttingen 1799 und 1800).

2) R. Brown, Prodromus Florae Novae Hollandiae; Londini 1810.

3) Kaulfuss, das Wesen der Farrenkräuter, besonders ihrer Fruchttheile, zugleich mit Rucksicht auf systematische Anordnung betrachtet, und mit einer Darstellung der Entwicklung der Ptoris serrulata aus dem Samen begleitet. Leipzig 1827.

Abtheilungen hin; die letzteren theilte er darauf nach der Knospenlage der Blätter in zwei Hauptgruppen ein, deren eine die Ophioglosseen, die andere die übrigen Farne bildeten, welche ihrerseits wiederum in solche zerfielen, deren Sporangium mit einem Ring versehen ist (capsulis ornatis) und in solche, bei denen der Ring fehlt (capsulis inornatis). Die erstere von diesen beiden Gruppen, welche alle Farne ausser den schon erwähnten und den Marattiaceen enthielt, theilte Kaulfuss in fünf Unterabtheilungen ein, nämlich in die Gleicheniaceae, Osmundaceae, Schizaeaceae, Polypodiaceae und Cyatheaceae. Die Polypodiaceae charakterisirte er durch einen „annulus verus centralis", die Cyatheaceae durch einen „annulus verus excentricus". Die Hymenophylleen rechnete er als Tribus zu den Cyatheen, welche auf diese Weise in zwei Tribus zerfielen, deren einen also die Hymenophylleen ausmachten, während den anderen die eigentlichen Cyatheaceen selbst mit Ausnahme von Balantium und Cibotium bildeten. Was die beiden letztgenannten Gattungen anbelangt, so hielt Kaulfuss den Ring an dem Sporangium derselben offenbar für grade, während derselbe in der That wie bei Cyathea schief verläuft. Der Grund dieses Irrthums liegt bei Cibotium wenigstens klar am Tage: es bleibt hier nämlich ganz wie bei den meisten Polypodiaceen die untere Parthie des Sporangiumringes auf der einen Seite unverdickt, sodass man auf den ersten Blick ein gewöhnliches Polypodiaceensporangium vor sich zu haben glaubt, und erst eine genauere Betrachtung den wahren Sachverhalt erkennen lehrt. Cibotium bildet also jedenfalls in Bezug auf die Beschaffenheit des Sporangiumringes einen Uebergang von den Polypodiaceen zu den Cyatheaceen. Dagegen besteht bei Balantium der Ring des Sporangiums wie gewöhnlich bei den Cyatheaceen nur aus verdickten Zellen, und es ist desshalb eine Täuschung über den Verlauf desselben nur dann möglich, wenn man die Sporangien nur von der einen Seite betrachtet (Taf. X, Fig. 14).

Kaulfuss war jedoch nicht der Einzige, der in diesen Irrthum verfiel; es folgte ihm sogar Endlicher[1]) darin nach. Dieser theilte die Polypodiaceen in drei Unterabtheilungen ein, deren erste, die Polypodieen, er durch gestielte, mit vertikalem Ringe versehene Sporangien und durch fast runde bis längliche Sporen charakterisirte, während das Merkmal der zweiten, der Cyatheen,

1) Endlicher, genera plantarum. Wien 1836—40.

mit einem excentrischen Ringe versehene, in einem mehr oder weniger erhabenen Behälter sitzende Sporangien und dreieckige oder dreilappige Sporen bildeten. Die dritte Unterabtheilung war die der Parkerieen mit den Gattungen Parkeria und Ceratopteris. Endlicher rechnete nun wie Kaulfuss die genera Balantium und Cibotium zu den Polypodieen, ohne auch nur mit einem Worte ihres schiefen Ringes zu gedenken; und zwar betrachtete er Balantium als Untergattung von Dicksonia[1]).

Erst Mettenius[2]) wies jenen beiden Gattungen ihren richtigen Platz an. Er stellte zugleich die Cyatheaceen wieder als selbstständige Gruppe (ordo) neben die Polypodiaceen, ohne aber die Hymenophyllaceen, wie dies Kaulfuss gethan hatte, hinzuzurechnen. Indem Mettenius die letzteren ebenfalls zu einer selbstständigen Gruppe erhob, erhielt er nun acht ordines: Polypodiaceae, Cyatheaceae, Hymenophyllaceae, Gleicheniaceae, Schizaeaceae, Osmundaceae, Marattiaceae, Ophioglosseae.

Noch heute sind die Ansichten der Botaniker über die Stellung der Cyatheaceen im System oder specieller über das Verhältniss derselben zu den Polypodiaceen getheilt. Die einen vereinigen nach dem Vorgange von Mettenius sämmtliche mit einem transversal aufspringenden Sporangium und einem schiefen annulus versehene Farne als Cyatheaceen in eine selbstständige, mit den Polypodiaceen gleichberechtigte Gruppe; auf der anderen Seite haben Hooker und Baker[3]) dieses Merkmal als unwichtig verlassen und desshalb die Cyatheaceen mit den Polypodiaceen wieder vereinigt; dann aber, indem sie die verschiedenartige Ausbildung der die Sporangien tragenden Theile des fertilen Blattes als massgebend betrachten, die genera Cibotium und Balantium in das genus Dicksonia einverleibt und die übrigen Cyatheaceen als Unterabtheilung der Polypodiaceen hingestellt. Dabei ist noch zu bemerken, dass diese Forscher dasselbe Princip auch auf die Hymenophyllaceen angewandt haben: auch diese bilden bei ihnen eine Unterabtheilung der Polypodiaceen.

Um nun zu entscheiden, welche von diesen beiden Auffassungen vorzuziehen ist, ist es nothwendig, die in diesem Falle bei der Eintheilung zu Grunde gelegten Momente in ihrer Bedeutung für die Systematik näher in's Auge zu fassen.

---

1) l. c. Zweiter Nachtrag.
2) Mettenius, Filices horti botanici Lipsiensis. Leipzig 1856.
3) Hooker et Baker, Synopsis Filicum. London 1868.

Die isosporen Gefässkryptogamen zerfallen in drei ihrem Bau und ihrer Entwicklung nach von einander gesonderte natürliche Gruppen, nämlich in die Equiseten, Lycopodiaceen und Farne. Unter den letzteren grenzen sich wieder die Marattiaceen und Ophioglosseen als natürliche Gruppen von den übrigen hierher gehörigen Formen, den Farnen im engen Sinne, ab.[1] Was nun die letzteren anbelangt, so besitzen sie einen so ausserordentlichen Reichthum an Formen, und diese zeigen so mannigfache Uebergänge in einander, dass es hier eines künstlichen Merkmals zur Abgrenzung der Familien resp. Ordnungen bedarf. Ein solches künstliches Merkmal ist sowohl die Beschaffenheit und Dehiscenz des Sporangiums wie auch die Beschaffenheit der fertilen Theile des fruktificirenden Blattes, und es fragt sich nun, ob eines von diesen beiden Merkmalen sich für die Eintheilung der Farne am besten eignet, und welches dies ist. Denn bei einer künstlichen Eintheilung wie sie hier vorzunehmen ist, muss man consequent das einmal angenommene Princip durchführen, und eine gleichzeitige Anwendung zweier, nicht coincidirender Merkmale als oberster Eintheilungsmomente kann nicht gestattet sein, da die Eintheilung eben nur eine künstliche ist. Zunächst ist nun zu constatiren, dass Hooker selbst bei seinem System der Farne

---

1) Lürssen theilt in seiner Abhandlung „Ueber die Farne der Samojainseln" (Schenk und Lürssen, Mittheilungen etc. Band I, p. 345—415) die isosporen sowie auch die heterosporen Gefässkryptogamen nach der morphologischen Bedeutung des Sporangiums ein in Trichosporangiae, bei welchen die Sporangien Trichomen entsprechen; Phyllosporangieae, bei welchen die Sporangien Phyllome sind und Caulosporangieae, bei welchen dieselben Caulome sind. Auf diese Weise bilden die Farne im engeren Sinne, die Equisetaceen, die Marattiaceen und die Lycopodiaceen vier auf einer Stufe befindliche Familien, denen die Ophioglosseen als Phyllosporangieen gegenüber stehen.

Diese Eintheilung ist offenbar eine künstliche, weil nur auf ein Merkmal gestützt. In der That unterscheiden sich aber die Equisetaceen und Lycopodiaceen in ihrem ganzen Bau so wesentlich von den Farnen mit Einschluss der Marattiaceen und Ophioglosseen, dass ich die Nothwendigkeit einer künstlichen Eintheilung hier nicht einsehe. Anders ist es bei den Farnen im engeren Sinne, bei welchen für die Eintheilung die consequente Durchführung eines passenden Merkmals nothwendig ist (Vgl. den Text).

Noch weniger gerechtfertigt erscheint mir das Vorgehen Russow's (Vergleichende Untersuch. der Leitbündelkryptogamen, Petersburg 1872), welcher auf Grund einiger histiologischer Merkmale sowie der Entwicklung des Sporangiums die Eintheilung der Gefässkryptogamen in isospore und heterospore verwirft und dieselben in zwei Abtheilungen bringt, in deren einer er die Filices und Rhizocarpeen vereinigt, während die andere von den Isoetaceen, Marattiaceen, Lycopodiaceen, Ophioglosseen, Equiseten und Selaginellen als von sechs auf einer Stufe stehenden Gruppen gebildet wird.

nicht consequent verfahren ist. Während er, wie schon oben erwähnt, die Cyatheaceen und Hymenophyllaceen mit den Polypodiaceen vereinigt, lässt er z. B. die Schizaeaceen als selbstständige Gruppe neben den Polypodiaceen stehen. Was hat aber z. B. Aneimia mit Mohria ausser der Beschaffenheit und Dehiscenz des Sporangiums gemein? Die Beschaffenheit der die Sporangien tragenden Theile des fertilen Blattes wenigstens ist in diesen beiden Gattungen so verschieden als nur möglich. Die Schizaeaceen kann man nur dann als gesonderte Gruppe beibehalten, wenn man die Beschaffenheit und Dehiscenz des Sporangiums als für die Eintheilung massgebend betrachtet.

Es ist nun für die Entscheidung der Frage, welches Merkmal sich am besten zum Eintheilungsprincip für die Farne eignet, hauptsächlich ein Umstand von Wichtigkeit. Obwohl der Reichthum der Formen und die Uebergänge der letzteren in einander in dieser Pflanzenklasse sehr gross sind, so ist doch damit nicht gesagt, dass es nicht Formen giebt, welche sich besonders nahe stehen und desshalb natürliche Gattungen bilden, sowie, dass nicht auch unter diesen Gattungen wieder viele besonders nahe mit einander verwandt sind. Da nun das System immer möglichst die natürliche Verwandtschaft berücksichtigen muss, so folgt daraus, dass dasjenige Merkmal bei der Eintheilung den Vorzug verdient, welches die von Natur zusammengehörigen Formen möglichst beisammen lässt. Dies ist aber mit der Beschaffenheit und Dehiscenz des Sporangiums der Fall, während dagegen eine Eintheilung nach der Ausbildung der fertilen Theile des fruktifizirenden Blattes vielfach ganz natürliche Gattungen wie z. B. Blechnum auseinanderreissen würde und weil ferner die dadurch begründeten Familien durchaus nicht natürlich wären.

Demnach sind die Cyatheaceen wie es Mettenius gethan hat als besondere Gruppe mit den Polypodiaceen auf eine Stufe zu stellen, und dasselbe muss auch mit den Hymenophyllaceen geschehen, denn diese besitzen zwar in der Regel ebenfalls einen schiefen annulus, aber die Dehiscenz des Sporangiums ist bei ihnen nicht transversal, sondern longitudinal. Wir haben also bei den Farnen im engeren Sinne folgende Unterabtheilungen:

1) Hymenophyllaceae
2) Schizaeaceae
3) Osmundaceae
4) Polypodiaceae

5) Cyatheaceae
6) Gleicheniaceae.

Die auf diese Weise zu Stande gekommene Eintheilung hat in den Resultaten der Entwicklungsgeschichte des Prothalliums eine bemerkenswerthe Stütze gefunden. Es hat sich herausgestellt, dass sämmtliche untersuchte Polypodiaceen — und deren ist eine sehr grosse Anzahl — in ihrer Keimung mit einander übereinstimmen, während sie von den Osmundaceen, welche in diesem Punkte wieder unter sich übereinstimmen, beträchtlich abweichen. Die Hymenophylleen verhalten sich nach Mettenius[1]) wieder anders als die beiden genannten Gruppen, wobei freilich zu bemerken ist, dass die darauf bezüglichen Untersuchungen dieses Forschers, weil meist an trockenem Material angestellt, mit grosser Vorsicht aufzunehmen sind. Was die Keimungsgeschichte der Schizaeaceen anbelangt, so hat Kny die Entwicklungsgeschichte des Antheridiums von Aneimia gegeben[2]); derselbe Forscher bemerkt auch, dass das Prothallium bei dieser Gattung keine Scheitelzelle besitzt, sondern ein blosses Marginalwachsthum zeigt[3]). Ich habe mich selbst mit diesem Gegenstand beschäftigt und kann diese Angabe im Wesentlichen bestätigen; nur habe ich auch häufig eine deutliche Segmentirung des Prothalliums nach einer seitlich gelegenen zweischneidigen Scheitelzelle bemerkt. Jedenfalls wächst der Vorkeim hier wie bei den anderen Farnen später nur durch Randzellen fort. Dabei geht aber die Zelltheilung stets an einem seitlich gelegenen Punkte, welcher an älteren Vorkeimen sich in der Regel in einer schwachen Einbuchtung befindet, bei weitem am lebhaftesten vor sich; diese Stelle entspricht also dem Scheitel des Prothalliums bei den Polypodiaceen und Osmundaceen. Im Gegensatz zu der herzförmigen Gestalt des letzteren besitzt das Prothallium von Aneimia gemäss der ganzen Art seines Wachsthums eine längliche, vorn abgerundete Form (Taf. X, Fig. 15). Ich behalte mir vor, in Kurzem über diesen Gegenstand weitere Mittheilungen zu machen.

Um nun zu sehen, ob nicht vielleicht auch die Cyatheaceen sich bei der Keimung abweichend von den anderen Gruppen der Farne verhalten — für die Gleicheniaceen, deren Keimungsgeschichte

---

1) Die Hymenophyllaceen. Abhandlgn. der königl. sächs. Ak. d. Wissensch. (math.-phys. Klasse) 1865.

2) Monatsberichte der kön. preuss. Akademie d. Wissensch. 1869. (Ueber Bau und Entwicklung des Farnantheridiums.)

3) Bot. Zeitg. 1869, Nr. 3.

noch völlig unbekannt ist, fehlte mir das Material zur Untersuchung — unternahm ich das Studium der Entwicklungsgeschichte derselben. Allerdings giebt schon Wigand in seinen „Botanischen Untersuchungen“ vom Jahre 1854 unter den untersuchten Prothallien den Vorkeim einer Alsophila spec (A. armata?) sowie von Cibotium Schidei an; indess enthält diese Arbeit sowohl offenbare Verwechslungen [1]), als auch sonst bei ihr durch die späteren Beobachter soviel Irrthümer nachgewiesen wurden, dass man a priori nicht wissen konnte, ob der Verfasser wirklich die genannten Prothallien untersucht hatte, oder, wenn dies der Fall war, ob die darüber angegebenen Daten richtig waren. Ich habe mich nun überzeugt, dass Wigand in der That Cyatheaceenprothallien in Händen hatte, denn die borstenförmigen Haare auf der Vorderseite des Polsters, deren der besagte Forscher erwähnt [2]), habe ich bei keiner von mir untersuchten Polypodiacee, wohl aber bei allen Cyatheaceen gefunden; indess sind die sonstigen Angaben Wigand's, wie wir sehen werden, z. Th. unrichtig. Zu erwähnen ist ferner, dass bereits Kny den Bau des Antheridiums von Cibotium Schidei untersucht [3]), sowie gezeigt hatte, dass das Prothallium dieses Farnes ein analoges Scheitelwachsthum wie das der Polypodiaceen besitzt. [4]) Indess wollte ich mich dadurch schon aus dem Grunde nicht von der Untersuchung der anderen Cyatheaceen abhalten lassen, weil Cibotium, wie oben gezeigt worden ist, in Bezug auf den Sporangiumring einen Uebergang zu den Polypodiaceen darbietet.

Bevor ich jedoch zu meinen eigenen Untersuchungen übergehe, will ich zuvörderst noch einen kurzen Abriss der Keimungsgeschichte der Polypodiaceen, Hymenophyllaceen und Osmundaceen geben, um die wesentlichsten Unterschiede, welche sich hier gezeigt haben, noch einmal vor Augen zu führen. Die Polypodiaceen sind von sehr zahlreichen Forschern untersucht worden. [5]) Bei der Keimung

---

1) So beschreibt Vf. ein gewöhnliches Polypodiaceenprothallium als den Vorkeim von Botrychium Lunaria.

2) Bot. Untersuchgn, p. 38.

3) Monatsber. d. kön. Akad. d. Wiss. Berlin 1869.

4) Pringsheim's Jahrb. VIII. p. 13; vgl. auch Bot. Ztg. v. Jahre 1869, No. 3.

5) Litteratur:

1) Naegeli in Schleiden und Naegeli, Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik. Zürich 1844.

2) Graf Suminsky, Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter. Berlin 1848.

tritt aus der an der dreikantigen Stelle geöffneten Spore, die Anlage des Prothalliums mit einer seitlichen Haarwurzel[1]) heraus und wird darauf durch starkes Längenwachsthum und oftmalige Quertheilung zu einem Zellfaden, in dessen Endzelle eine abwechselnd nach zwei Seiten Segmente abschneidende Scheitelzelle entsteht. Diese verjüngt sich eine Zeit lang und zerfällt dann durch eine tangentiale Wand in eine Innen- und eine Randzelle; von nun wächst das Prothallium durch mehrere gleichwerthige terminale Randzellen weiter, wobei der Scheitel von den Nachbarzellen überwölbt wird, sodass das Prothallium eine herzförmige Gestalt bekommt. An der Unterseite, seltener an der Oberseite und am Rande, entstehen die Antheridien; nach einiger Zeit bildet sich hinter dem Scheitel ein Zellenpolster, auf welchem unten die Archegonien entstehen. — Bei den Hymenophyllaceen zerfällt nach

---

3) Thuret, sur les anthéridies des fougères (Annales des sc. nat. 1849, p. 7 ff.).
4) Schacht in Linnaea 1849.
5) Wigand in bot. Zeitg. 1849.
6) Mercklin, Beobachtungen am Prothallium der Farnkräuter. Petersburg 1850.
7) Hofmeister, Vergleichende Untersuchgn. 1851.
8) Henfrey in „The annals and magazine of natural history." London 1852.
9) Wigand, bot. Untersuchungen. Braunschweig 1854.
10) Henfrey in Transactions of Linneau society 1855..
11) Hofmeister, Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen II. Abh. d. sächs. Ak. d. Wissensch. 1857.
12) Hofmeister, On the germination, development and fructification of the higher Cryptogamia. London 1862.
13) Strassburger, Ueber die Befruchtung bei den Farnkräutern. Pringsh. Jahrb. Band VII.
14) Kny in Botan. Zeitg. 1869, No. 3.
15) Derselbe in den Monatsberichten d. Akad. Berlin 1869.
16) Ders. in Pringsheim's Jahrb. Band VIII, p. 12, 13.
17) Schacht, die Spermatozoiden im Pflanzenreich. Braunschweig 1864.
18) Kny in den Monatsberichten der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin vom 21. April 1874.

---

1) Ich bediene mich nach dem Vorgange von Hofmeister und Mettenius des Wortes Haarwurzel für ein Haargebilde, welches die Funktionen einer Wurzel versieht, im Gegensatz zu Wurzelhaar, einem an der Wurzel befindlichen Haare. Auch morphologisch lässt sich diese Unterscheidung rechtfertigen. Bei den Hymenophylleen, welche bekanntlich z. Th. ächte Wurzeln, z. Th. aber auch nur Haarwurzeln besitzen, fand Mettenius (Abh. d. sächs. Ges. 1865, p. 408), dass die letzteren stets von der Mutterzelle durch eine Wand abgetrennt sind, während die Wurzelhaare mit der Mutterzelle stets in continuirlichem Zusammenhange stehen.

Mettenius[1]) der Sporensack durch successive Theilung in drei um den Mittelpunkt der Spore gleichmässig angeordnete Zellen, von denen in der Regel eine zu einem Zellfaden auswächst. Dabei giebt nie der Scheitel der Spore einem Vorkeim den Ursprung, wie dies bei den Polypodiaceen stets der Fall ist. Aus dem primären Zellfaden gehen durch vielfache, confervenartige Verzweigung neue Fäden hervor, welche sich wieder verzweigen können. Seitlich an ihnen bilden sich blattartige, vertikal aufrechte, einschichtige Gebilde, welche meist ein begrenztes Wachsthum besitzen und sich an ihrem oberen Ende oft in einzelne Zellfäden auflösen. An der Spitze dieser entstehen flaschenförmige Sprossungen, welche zuweilen runde Zellen abschnüren. Aus dem Rande der blattartigen Gebilde gehen theils neue Fäden, theils Haarwurzeln, theils aber auch Antheridien und Archegonien hervor; in der Ausbreitung der Insertion der letzteren wird dabei stets ein zwei- bis dreischichtiges Zellenpolster gebildet. Die Haarwurzeln sind sehr kurz und haben an der Spitze kopfförmige Anschwellungen mit vier Ausbuchtungen. — Zu bemerken ist noch, dass auch seitlich an den aus der Spore hervorgehenden Zellfäden sowohl solche Haarwurzeln wie Antheridien und zuweilen auch Archegonien entstehen. — Mettenius betont am Schlusse seiner Untersuchungen[2]) als wesentliche Differenzpunkte, welche sich hiernach zwischen den Polypodiaceen und den Hymenophylleen ergeben: die Verschiedenheit in der Keimung der Spore, die scharfe Trennung von blattartigen und confervenartigen Vorkeimen bei der zuletzt genannten Ordnung, die sich bei der erstgenannten nicht vorfindet, — die Gestalt der Haarwurzeln, sowie den Umstand, dass dieselben bei den Hymenophylleen stets von dem Rande, bei den Polypodiaceen dagegen stets von der Fläche der blattartigen Vorkeime ausgehen; endlich die verschiedenartige Anordnung der Fortpflanzungsorgane bei den beiden genannten Gruppen.

Die Keimungsgeschichte der Osmundaceen (Osmunda und Todea) ist von Kny[3]) und Lürssen[4]) bearbeitet worden. Es wird hier

---

1) l. c. p. 489.
2) l. c. p. 498.
3) Pringsheim's Jahrb. VIII., p. 1 ff.
4) Lürssen, Zur Keimungsgeschichte der Osmundaceen, vorzüglich der Gattung Todea Willd. Schenk und Lürssen, Mittheil. aus d. Gesammtgebiet d. Botanik. Band I, p. 460 ff.

durch die erste in der keimenden Spore auftretende Wand das primäre Wurzelhaar abgegliedert, dessen Wachsthumsrichtung der des Vorkeims gerade entgegengesetzt ist. Der letztere bildet sich sofort zu einer Zellfläche aus, welche durch eine ebensolche Scheitelzelle wächst, wie der Vorkeim der Polypodiaceen. Die weitere Entwicklung verläuft wesentlich in derselben Weise wie bei der letztgenannten Familie; nur tritt bei den Osmundaceen die Bildung des Zellpolsters früher ein als bei jenen, auch ist dasselbe wie der ganze Vorkeim hier auffallend in die Länge gestreckt, und die Archegonien sitzen regelmässig in zwei Reihen zu beiden Seiten des Polsters, während sie bei den Polypodiaceen ganz unregelmässig über dasselbe zerstreut sind. Bemerkenswerth ist noch die starke Neigung der Osmundaceenprothallien, Adventivsprosse zu bilden, die denen der Polypodiaceen im Allgemeinen abgeht.

Was nun meine eigenen Beobachtungen bezüglich der Entwicklungsgeschichte der Cyatheaceen anbelangt, so habe ich die Entwicklung des Prothalliums mit den Geschlechtsorganen bei Cyathea medullaris, Alsophila australis und Hemitelia spectabilis vollständig untersucht; ausserdem minder vollständig (meist aus Mangel an Material) Balantium antarcticum, Cibotium Schidei, eine zweite Alsophila und eine zweite Cyathea species. Ausserdem verfolgte ich zur Vergleichung die Entwicklung des Vorkeimes bei einer Anzahl von Polypodiaceen, vor Allem bei Pteris aquilina und Dicksonia rubiginosa.

1. Keimung der Spore und Entwicklung des Prothalliums.

Die Spore besitzt bei Cyathea medullaris ein undurchsichtiges, gelbbraunes Exosporium, welches mit winzigen, unregelmässig zerstreuten, warzenförmigen Erhebungen besäet ist (Taf. VI, Fig. 1). Ihrer Entstehung in der Sporenmutterzelle gemäss ist ihre Gestalt annähernd tetraëdrisch. Von der inneren Ecke aus, in welcher die Spore in der Mutterzelle ihre drei Schwestersporen berührt, verlaufen in der Richtung der drei Kanten wie gewöhnlich drei glatte Leisten, welche bei der Keimung in der Richtung ihrer Mittellinien aufbrechen und so dass Oeffnen der Spore ermöglichen. — Die Spore von Alsophila australis (Taf. VI, Fig. 5—7) unterscheidet sich von der vorigen nur dadurch, dass das Exospor hier glatt und dabei dünner und durchsichtig ist. Im Inneren ist sie dicht

mit Oeltropfen angefüllt, welche oft in so grosser Menge vorhanden sind, dass sie durch gegenseitigen Druck ein polygonales Aussehen erhalten (Taf. VI, Fig. 6); zuweilen ballen sie sich auch um den in der Mitte der Spore befindlichen Zellkern zu einer grossen Kugel zusammen, welche die Spore bis auf die Ecken vollständig ausfüllt (Taf. VI, Fig. 7).

Die Spore von Hemitelia spectabilis (Taf. VI, Fig. 11) besitzt ein sehr eigenthümliches Exospor. Dasselbe ist wie bei Alsophila australis bräunlich und durchsichtig; etwa in der Verlängerung der Mittellinien der drei bei dem Aufbrechen der Spore gebildeten Lappen bemerkt man regelmässig je einen runden Hof. Schon der optische Längsschnitt zeigt, dass das Exospor an diesen Stellen nur noch in Gestalt einer dünnen Lamelle (la in Fig. 12) vorhanden ist, während es rings herum verdickt ist und mit den Rändern dieser Verdickung den Hof z. Th. überwölbt. Die gesammte Sporenhaut lässt vier Schichten erkennen: eine innerste, dünne, welche durch Chlorzinkjod gebläut wird, also aus Cellulose besteht: das Endospor (en); — auf diese folgt erst eine breite, bräunliche, und dann eine sehr schmale, ebenso gefärbte Schicht (ep 1 und ep 2); zuletzt kommt noch eine farblose, dünne Aussenschicht (ep 3), die wie die beiden anderen Schichten des Exospors durch Chlorzinkjod keine sichtbare Veränderung erleidet. Ausser den drei Höfen bemerkt man auf der Spore stets eine mehr oder minder grosse Anzahl von unregelmässig zerstreuten Tüpfeln von verschiedener Grösse (t). Setzt man die Spore einem gewissen Druck aus, so quillt der Inhalt derselben aus diesen Tüpfeln in Tropfen heraus, während dies bei den drei Höfen nie der Fall ist. Hieraus folgt, dass diese Tüpfel entweder vollkommene Durchbrechungen des Exospors sind, oder dass dieselben durch eine so schwache Membran geschlossen sind, dass ein geringer Druck des Sporeninhalts genügt, um sie zu öffnen. In ähnlicher Weise gehöfte und getüpfelte Sporen habe ich noch bei einer Anzahl anderer Hemiteliaarten gefunden.

Bei der Keimung tritt nun bei den Cyatheaceen aus der an der dreikantigen Stelle geöffneten Spore das junge Prothallium in Gestalt einer Chlorophyll und meist auch noch Oeltropfen enthaltenden Ausbauchung des Endospors heraus, und seitlich von ihm zu derselben Zeit oder auch ein wenig früher oder später eine hyaline Haarwurzel (Taf. VI, Fig. 8). Ebenso ist es nach meinen Untersuchungen bei den Polypodiaceen, obwohl die An-

gaben der früheren Beobachter in diesem Punkte anders lauten; so tritt nach Lescysc-Suminsky[1]) und Mercklin[2]) immer zuerst die Haarwurzel und dann die erste Anlage des Prothalliums heraus; nach Wigand[3]) ist das Umgekehrte der Fall; nach Hofmeister[4]) entspringt die erste Haarwurzel an der Basis erst nachdem sich ein ganzer Zellfaden gebildet hat. In seltenen Fällen treten aus der Spore zwei Haarwurzeln heraus; häufiger fand ich dies bei den Schizaeaceen, z. B. bei Mohria thurifraga. Sowohl der Keimschlauch, als auch die primäre Haarwurzel grenzen sich bald von dem Sporensack durch eine Membran ab (Taf. VI, Fig. 3); nur sehr selten fand ich bereits aus einer Anzahl von Zellen bestehende Prothallien vor, bei welchen die Haarwurzel mit dem Sporensack in offener Communikation stand. Bei den Polypodiaceen geht nun aus der keimenden Spore sowohl nach den Angaben der früheren Beobachter, als auch nach meinen eigenen Untersuchungen regelmässig zunächst ein Zellfaden hervor, mögen die Sporen frei liegend oder aus dem Sporangium heraus keimen. Dasselbe fand ich auch bei den Schizaeaceen (Aneimia und Mohria); hier zeigte sich dabei besonders, dass, sobald die Sporen frei gekeimt waren, die Zellen des Fadens stets kürzer waren, als wenn die Keimung aus dem Sporangium heraus erfolgt war. Demgegenüber lässt die erste Entwicklung des Prothalliums besonders auffallend bei Cyathea medullaris, in geringerem Grade auch bei den anderen Cyatheaceen zwei Typen unterscheiden: in dem einen Falle entsteht aus der Spore zunächst ein langzelliger Faden (Taf. VI, Fig. 9, 15, 21), in dem anderen bildet sich nahezu sofort eine Zellfläche aus (Taf. VI, Fig. 2, 13, 14). Das erstere findet statt, wenn die Sporen bei der Keimung so eng und in solcher Menge bei einander liegen, dass es den heraustretenden Schläuchen sowohl an Licht als auch an dem für das Flächenwachsthum nöthigen Raume mangelt — so namentlich, wenn die keimenden Sporen noch von dem Sporangium eingeschlossen sind, — liegen dagegen die letzteren frei, so tritt in der Regel sogleich Breitenwachsthum ein. Was zunächst die Zellfäden anbelangt, so wachsen sie wie bei den Polypodiaceen und Schizaeaceen im Allgemeinen unter stetiger Theilung der Endzelle in die Länge, und nur selten werden noch nachträglich Quer-

1) Zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter, Berlin 1848.
2) Beobachtungen am Prothallium der Farnkräuter. 1850.
3) Botanische Untersuchungen 1854, p. 34.
4) Vergleichende Untersuchungen, p. 78.

wände gebildet; dabei beträgt die Anzahl der Querwände, welche dem Beginne der Flächentheilung vorausgehen, selten mehr als zehn. In der Regel theilt sich eine oder seltener mehr Fadenzellen früher als die Endzelle durch eine zur Längsrichtung des Fadens parallele oder schief verlaufende Membran, während von der an den Sporensack angrenzenden Zelle nach drei- bis viermaliger Theilung des Keimschlauches noch eine zweite Haarwurzel ausgeht (Taf. VI, Fig. 9, 15, 21). Dagegen tritt bei den Keimen, welche nicht mit einem Zellfaden beginnen, die Flächenbildung schon nach dem Entstehen der ersten Querwände ein; die erste Zelle ausserhalb der Spore, welche meist von auffallender Kürze ist, sendet auch hier oft noch eine zweite Haarwurzel aus, während in der Regel die zweite Zelle durch eine zu der Wachsthumsrichtung des Prothalliums parallele oder schief verlaufende Membran in zwei Tochterzellen zerfällt. Uebrigens finden sich natürlich zwischen den beiden beschriebenen Typen der Gestalt des jungen Prothalliums nicht selten Uebergänge.

Die Bildung einer Zellfläche, des eigentlichen Prothalliums, wird bei Cyathea medullaris dadurch eingeleitet, dass die Endzelle des getheilten Keimschlauches durch eine Längswand in zwei mehr oder minder ungleiche Hälften zerfällt, wobei sie allein oder in Gemeinschaft mit der vorletzten Zelle des Fadens vorher nicht selten anschwillt (Taf. VI, Fig. 4, 10). Die nun folgenden Wände stehen bis auf Weiteres sämmtlich auf der Ebene des Prothalliums senkrecht. Zunächst theilt sich die grössere Hälfte der Endzelle in eine vordere und eine hintere Zelle, von denen erstere zur Scheitelzelle (s) wird, indem in ihr Wände entstehen, welche den beiden ebenen Seitenflächen abwechselnd parallel und einander Schritt für Schritt aufgesetzt sind (Taf. VI, Fig. 2, 13, 22). In seltenen Fällen, wo die Wachsthumsrichtung in der Endzelle seitlich verschoben ist, tritt die erste Theilungswand in der letzteren fast parallel zur jüngsten Querwand des Fadens auf, und in Folge dessen erleidet die zweischneidige Scheitelzelle, welche in diesem Falle stets in der vorderen der beiden so gebildeten Tochterzellen entsteht, eine Drehung um ihre innere Ecke (Taf. VI, Fig. 14). Bei Alsophila australis und Hemitelia spectabilis gehen der Bildung der Scheitelzelle gewöhnlich noch mehrere Theilungen in der Endzelle des Fadens voraus (Taf. VI, Fig. 15, 25). Die Polypodiaceen verhalten sich in diesem Punkt im Wesentlichen nicht anders als die Cyatheaceen. — Bei Cyathea medullaris zerfällt nun die kleinere

Hälfte der Endzelle in mehrere Tochterzellen durch Wände, welche auf der Halbirungswand der Endzelle mehr oder minder senkrecht stehen; ferner theilt sich die Schwesterzelle der Scheitelzelle in der Regel durch eine Membran, welche sowohl auf ihre vordere, als auch auf ihre äussere, seitliche Wand schief aufgesetzt ist (Taf. VI, Fig. 2, 13). Indess sind hiermit die Theilungen in den genannten Zellen noch nicht abgeschlossen; während die Fläche des Prothalliums sich nach vorn zu ausdehnt, nimmt vielmehr auch die Basis desselben durch Streckung und Theilung an Länge und Breite zu, wobei sich aber keine Regel in der Aufeinanderfolge der neugebildeten Wände erkennen lässt.

Während auf die beschriebene Weise die Bildung einer Zellfläche eingeleitet wird, zerfällt die vorletzte Zelle des Fadens stets, die übrigen seltener durch eine oder mehrere Längswände in Tochterzellen; diese können sich wiederum durch Wände theilen, welche auf den jüngst gebildeten Theilungswänden und auf der Prothalliumfläche senkrecht stehen (Taf. VI, Fig. 2, 13). Dabei sendet hie und da eine Zelle des Fadens noch eine Haarwurzel aus; bei Hemitelia spectabilis war dies nicht selten mit allen Fadenzellen der Fall.

Die Scheitelzelle ist entweder von Anfang an apical (Taf. VI, Fig. 2, 22), oder sie liegt zuerst seitlich (Taf. VI, Fig. 13, 14); in diesem Falle wird sie in der Regel durch starkes Wachsthum des aus den hinteren Segmenten hervorgehenden Flächenstückes allmählich in die Mitte gerückt. In den Segmenten selbst tritt zuerst eine zu dem Aussenrande parallele Wand auf, durch welche eine innere und eine Randzelle entsteht. In der weiteren Theilung der letzteren lässt sich bei den Cyatheaceen und auch bei vielen Polypodiaceen die Regel erkennen, dass sämmtliche Theilungswände successiv auf einander senkrecht stehen (Taf. VI, Fig. 19, 20, 23). Dagegen entstehen sowohl in der durch die erste im Segment gebildete Wand, als auch in den durch die weitere Theilung der Randzellen nach innen hin abgeschiedenen Zellen wiederholt zum Aussenrande ungefähr parallele Wände, auf welche im weiteren Verlauf der Entwicklung sehr oft noch andere, zu den letztgebildeten meist annähernd senkrechte Wände folgen (vgl. dieselben Figuren). Ein abweichendes Verhalten in ihrer Theilung zeigen besonders häufig die ersten Segmente, wo nicht selten die erste Wand den Aussenrand senkrecht oder schiefwinklig trifft, anstatt ihm parallel zu sein. In ersterem Falle ist dann in der Regel

in jeder der beiden so entstandenen Randzellen die nächste Wand dem Aussenrande wiederum parallel.

Mit der Zeit wird nun die Scheitelzelle durch stärkeres Wachsthum der beiderseits von ihr gelegenen Randzellen von letzteren überwölbt, indem sie eine immer schmalere Gestalt annimmt, und nachdem sie sich ungefähr zwölf bis sechszehn Mal nach dem oben angegebenen Schema getheilt hat, stellt sie ihre Thätigkeit ein, indem sie durch eine tangentiale Wand in eine vordere und in eine hintere Hälfte zerfällt, von denen die erstere sich nach Art der anderen Randzellen weiter theilt (Taf. VI, Fig. 20). Von nun an wächst das Prothallium durch Theilung aller Randzellen nach dem für die Randzellen der Segmente angegebenen Modus fort; dabei ist aber die Zellenvermehrung in der Scheitelregion am stärksten, und die hier befindlichen Zellen weichen desshalb von den anderen immer durch ihre geringe Grösse, die schmale Gestalt und den reichen Protoplasmagehalt ab. Da nun die auf die beschriebene Weise im Scheitel des Prothalliums nach rechts und links abgeschiedenen Zellen sich in dem Maasse ausdehnen, als sie sich von dem Scheitel entfernen, so wird der letztere allmählich von ihnen überwölbt und es entstehen schliesslich zu beiden Seiten desselben zwei, sich oftmals zum Theil überdeckende Lappen. Die Prothallien von Dicksonia rubiginosa sind von früh auf stark in die Länge gedehnt, und demgemäss findet bei ihnen regelmässig die Vermehrung der terminalen Randzellen vorzugsweise durch tangentiale und nur ab und zu durch zum Rande senkrechte Wände statt. Aehnlich ist es auch bei Hemitelia spectabilis.

Bald nach dem Beginn des Breitenwachsthums zeigen sich in der hinteren Region der Unterseite des Prothalliums zahlreiche Anfangs hyaline, später sich stark bräunende Haarwurzeln, welche sich von der Mutterzelle stets durch eine Membran abgrenzen, ebenso wie die Haarwurzeln, welche von dem unmittelbar aus der Spore herausgetretenen Zellfaden ihren Ursprung nehmen. Von der Fläche fand ich die Haarwurzeln nie bei den Cyatheaceen und Polypodiaceen, nicht selten dagegen bei den Schizaeaceen hervorgehen (Taf. X, Fig. 15). Nach Kny (Sitzungsber. d. Gesellsch. naturforschender Freunde 1874, p. 26) verhält sich Ceratopteris in diesem Punkt wie die letztgenannte Familie. Die Angabe Henfrey's, dass die Haarwurzeln älterer Polypodiaceenprothallien in offener Communikation mit der Mutterzelle stehen, ist un-

mässig[1]). Die Zahl derselben nimmt mit der Zeit beträchtlich zu, und demgemäss findet man sie bei alten Vorkeimen stets über eine bedeutende Fläche ausgebreitet. Bei den Vorkeimen von Hemitelia spectabilis und in geringerem Grade auch bei anderen Cyatheaceen ist die Zellhaut der Haarwurzeln oft vielfach geschichtet (Taf. VIII, Fig. 27)[2]). Indem nun die einzelnen Schichten auseinanderweichen, und Oeffnungen in der Membran entstehen, werden zuweilen Gebilde producirt, welche mit gehöften Tüpfeln sehr grosse Aehnlichkeit haben (Taf. VII, Fig. 6). Sehr häufig zeigen sich in den Haarwurzeln auch ringförmige Einfaltungen nahe der Basis, welche zu der Bildung von falschen Scheidewänden Anlass geben (vgl. dieselben Fig.). Ferner fand ich ächte Scheidewände, wenn auch nur selten, in alten Haarwurzeln von Cyathea medullaris nahe der Basis vor (Taf. VI, Fig. 26). — Die Gestalt der Haarwurzeln ist mit seltenen Ausnahmen eine lang cylindrische; indess fand ich bei Pteris aquilina an älteren Vorkeimen auch solche, welche den von Mettenius bei den Hymenophylleen beschriebenen[3]) glichen: sie waren kurz, am Ende kopfförmig angeschwollen und mit mehreren Ausstülpungen versehen (Taf. VI, Fig. 24).

Sobald das Prothallium die herzförmige Gestalt angenommen hat, — zuweilen entsteht vorn an jedem der beiden Lappen wieder eine Einbuchtung — beginnen sowohl bei den Polypodiaceen, als auch bei den Cyatheaceen die neben und in seiner Achse gelegenen Zellen sich durch Wändb zu theilen, welche zu seiner Oberfläche parallel sind. Hierdurch wird ein mehrschichtiges Gewebepolster gebildet, dessen Dicke mit der Zeit auf etwa acht Zellenlagen steigt, während zugleich sein Umfang nach beiden Seiten hin beträchtlich zunimmt. Bei Hemitelia spectabilis fand ich dasselbe stets auffallend schmal und auch die Dicke desselben überstieg bloss selten fünf Zellenlagen. In Folge dessen wurden hier immer nur wenige Archegonien erzeugt, und zugleich damit war meist ein auffallender Mangel an Antheridien an den Archegonien tragenden Prothallien zu bemerken. Bei Ceratopteris thalictroides treten

1) Henfrey, On the developpment of ferns (Linnean society, vol. 21 p. 119): „All the roots met with on full grown prothallia, exhibit the same characters: their tubular cavities are freely open into those of the cells from which they arise."

2) Schon Wigand (Bot. Untersuch. p. 39) erwähnt die Schichtung der Haarwurzeln bei Alsophila; dass die letzteren dabei besonders kurz und stumpf wären, wie W. angiebt, habe ich bei den von mir untersuchten Cyatheaceen nicht gefunden.

3) Ueber die Hymenophyllaceen. Abh. d. sächs. Ak. d. Wissensch. 1865, p. 494.

nach Kny die Archegonien sogar immer nur einzeln an der Unterseite hervor; wird das erste Archegonium befruchtet, so wird kein neues gebildet, und so fort. Bei den Wasserprothallien derselben Pflanze entsteht das Archegonium isolirt auf der einschichtigen Zellfläche, und die Centralzelle ist auf der Rückenseite immer nur von je einer Zelle bedeckt.[1]) Die Angabe Wigand's[2]), dass bei Alsophila das Prothallium auch in der Peripherie mehrschichtig ist, beruht auf einem Irrthum: weder bei der genannten Gattung, noch bei irgend einer anderen Cyatheacee oder bei Polypodiaceen habe ich auch nur einmal einen derartigen Vorkeim beobachtet.

Auf der Unterseite des Polsters bilden sich nach hinten zu immer neue Antheridien[3]); um die Einsenkung des Scheitels herum entstehen dagegen, untermischt mit verschieden gestalteten Haargebilden, die Archegonien. Die Haargebilde sind meist Zellkörper von pyramidaler Form, welche nach oben zu in der Regel in eine Zelle auslaufen und die Archegonien an Grösse meist weit übertreffen (Taf. IX, Fig. 5). Es sind dies die borstenförmigen Haare, von welchen Wigand[4]) spricht, und welche, wie schon in der Einleitung bemerkt wurde, für die Prothallien der Cyatheaceen charakteristisch sind. Trichome von derselben Art entstehen bei der genannten Familie regelmässig auch auf der Oberseite des Zellenpolsters an der vorderen Einbuchtung des Vorkeims. Ausserdem finden sich immer noch wie bei den Polypodiaceen einfache, fadenförmige Haare unter den borstenförmigen vor (vgl. dieselbe Fig.)

Was das Verhalten des Chlorophylls in den Zellen des Vorkeims anbelangt, so sind die letzteren bei ihrer Entstehung stets dicht mit Chlorophyllkörnern angefüllt; dies ist bei den Scheitelzellen und den terminalen Randzellen sehr schön zu sehen. Dabei bemerkt man an der Stelle, wo eine neue Scheidewand sich bilden soll, namentlich bei den unmittelbar aus der Spore hervorgegangenen Zellfäden, zuvor eine dicht mit Chlorophyllkörnern besetzte Plasmaplatte; zuweilen auch in jeder der durch die letztere abgetheilten Hälften einen Zellkern. Mit der Zeit vermehren die Chlorophyllkörner sich weiter, aber doch nicht in dem Verhältniss, als die neugebildeten Zellen sich ausdehnen; daher sind namentlich die

1) Sitzungsber. d. Gesellsch. naturforschend. Freunde zu Berlin. 1874. p. 26, 27.
2) l. c. p. 39.
3) Vgl. auch Hofmeister, l. c. p. 80.
4) l. c. p. 38.

langgestreckten Zellen der aus eng gekeimten Sporen hervorgegangenen Zellfäden, und die noch stärker gedehnten Zellen des Polsters verhältnissmässig arm an ihnen. Die Chlorophyllkörner sind dabei in diesen Fällen, vorzugsweise bei den Fadenzellen, auf den Wandbeleg beschränkt und regelmässig perlschnurartig angeordnet, wobei die Theilung sich sehr schön bei ihnen beobachten lässt. Sehr oft häuft die Stärke sich in den einzelnen Körnern in so grosser Menge auf, dass diese ganz ausserordentlich an Grösse zunehmen, und nur noch eine sehr dünne Chlorophyllschicht die Stärkekörner bedeckt (Taf. VI, Fig. 15). Sobald dann ein gewisses Maass der Grösse überschritten ist, weicht die Hülle, und die Stärkekörner zerstreuen sich im Inneren der Zelle.

II. Entwicklung der Antheridien.

Die ersten Antheridien zeigen sich am Prothallium im normalen Entwickelungsgange zu der Zeit, wo die Verjüngung der Scheitelzelle bereits ihrem Ende naht; oft treten sie aber auch an ganz jungen Vorkeimen auf. In ersterem Falle finden sie sich bei den Cyatheaceen wie auch im Allgemeinen bei den Polypodiaceen nie am Rande, sondern stets auf der unteren, nicht selten auch ausserdem auf der oberen Seite des Prothalliums vor; in letzterem Falle dagegen, wie auch bei den Sprossen lässt sich keine Regel in ihrer Vertheilung erkennen, sondern sie sitzen bald oben, bald unten, bald am Rande (z. B. Taf. VIII, Fig. 5). Ferner haben die Antheridien an Sprossen und jungen Vorkeimen besonders bei den Cyatheaceen einen gleichen und einfacheren Bau als die übrigen, wie weiter unten gezeigt werden wird. —

Bei den Cyatheaceen wie bei den Polypodiaceen treten nun die ersten Anlagen der männlichen Organe zu beiden Seiten der Mittellinie des Prothalliums auf, und zwar dort, wo die Haarwurzeln vorn aufhören; von hier aus verbreiten sie sich dann allmählich nach vorn hin, wobei aber in der Regel die Mitte des Vorkeims und der vorderste Theil der beiden Lappen frei von ihnen bleibt.

Die Bildung des Antheridiums wird dadurch eingeleitet, dass die untere Wand einer Flächenzelle sich über die Nachbarzellen emporhebt und dadurch eine Wölbung erzeugt, welche sich durch eine zur Fläche des Prothalliums parallele Wand von der Mutter-

zelle absondert (Taf. VIII, Fig. 24). Die so entstandene äussere Zelle, aus welcher das Antheridium hervorgeht, nimmt darauf durch Erweiterung der Wölbung annähernd die Gestalt einer Halbkugel an. Hierauf tritt in ihr bei den Cyatheaceen regelmässig eine zu der ebenen Basalmembran parallele oder schief auf die letztere aufgesetzte Wand auf, durch welche eine Stielzelle gebildet wird (Taf. VII, Fig. 14). Bei den Polypodiaceen fehlt bekanntlich die Stielzelle im Allgemeinen ebenso oft als sie vorhanden ist, und es giebt hier auch, wie ebenfalls schon von früheren Beobachtern angegeben worden ist[1]), nicht selten deren mehr als eine. Besonders häufig ist bei den Cyatheaceen der Fall, dass die obere Wand der Stielzelle nicht parallel zur Basalmembran des Antheridiums verläuft, sondern schief auf dieselbe aufgesetzt ist (Taf. VII, Fig. 9; Taf. VIII, Fig. 1, 7 etc). Schon Kny erwähnt die schiefe Stielzelle bei Cibotium[2]). Dabei besitzt die Grenzlinie, in welcher die obere Wand der Stielzelle die Basalmembran berührt, meist eine eigenthümlich ausgebuchtete und geschwungene Form (Taf. VIII, Fig. 12, 18). Die Stielzelle zerfällt auch nicht selten noch durch eine sie vertikal durchschneidende Membran in zwei Tochterzellen (Taf. VIII, Fig. 12). Nur in seltenen Fällen fanden sich bei Antheridien an sehr jungen Vorkeimen oder Sprossen von Cyathea medullaris zwei schief auf einander aufgesetzte Stielzellen vor, wie ich dies auch bei Alsophila australis zuweilen beobachtete (Taf. VI, Fig. 18)[3]).

Zunächst zerfällt nun bei den Cyatheaceen die halbkugelige Zelle durch eine Membran, welche sowohl auf ihre gewölbte, als auch auf ihre untere Wand annähernd kreisförmig aufgesetzt ist, in eine innere, fast trichterförmige und in eine äussere, ringförmige Zelle, welche stets an einer Stelle von einer Membran quer durchschnitten wird (Taf. VII, Fig. 8, 9). Diese Zwischenmembran zeigt, von oben resp. unten betrachtet, fast immer einen solchen Verlauf, dass sie als ein Theil der Ringwand selbst erscheint (Taf. VIII, Fig. 2, 3, 11 etc). Dass dem in der That so ist, beweisen Fälle, in welchen die beiden Enden der ringförmigen Wand sich

1) Vgl. Kny in den Monatsberichten der Berliner Akademie 1869; „Ueber Bau und Entwicklung des Farnantheridiums".

2) l. c. p. 15; Fig. 19).

3) In einem Falle fand ich vor dem Auftreten der Stielzelle in der halbkugligen Zelle eines Antheridiums von Cyathea medullaris eine Ringwand vor, welche mit ihrer Kante zum Theil auf der ebenen Wand (bei α in Fig. 11 auf Taf. VII), zum Theil an der gewölbten Wand verlief (bei β, ebendaselbst).

unmittelbar an die halbkuglige Wand angesetzt hatten, sodass in Folge dessen eine Zwischenmembran gar nicht vorhanden war (Taf. VIII, Fig. 14, 15). Derartige Fälle traf ich namentlich bei Cyathea medullaris nicht selten an. Es folgt daraus, dass die Bildung der Ringwand bei den Cyatheaceen in der Weise vor sich geht, dass dieselbe an einer Stelle, in gewissen Fällen auch an zwei (Taf. VIII, Fig. 15), sich ihrer ganzen Höhe nach an die halbkuglige Wand des Antheridiums ansetzt. Bei den Polypodiaceen geht dagegen, wie schon von früheren Beobachtern richtig angegeben worden ist[1]), die Bildung der Ringwand frei, ohne eine derartige seitliche Ansatzstelle, vor sich; nur Dicksonia verhält sich nach meinen Untersuchungen in diesem Punkt wie die Cyatheaceen. Uebrigens deutet die Art und Weise, wie die Ringwand bei den letzteren von oben betrachtet, verläuft, darauf hin, dass die Bildung derselben hier nicht simultan vor sich geht, sondern von der seitlichen Ansatzstelle aus im Kreise fortschreitend erfolgt, bis die Ringwand nahe ihrem Ausgangspunkte sich selbst wieder trifft (Taf. VIII, Fig. 2, 3, 6, 11, 13, 18). Mit der frühzeitigen Entstehung der Zwischenmembran, als Theil der Ringwand selbst, hängt der Umstand zusammen, dass die Ringzelle von der Seite betrachtet sehr häufig an der Stelle, wo sie von der Zwischenmembran durchkreuzt wird, stark eingeschnürt zu sein scheint. (Taf. VIII, Fig. 9). Es erklärt sich dies daraus, dass nach der Bildung der Ringwand das Antheridium sich beträchtlich ausdehnte, und das die seitliche Ansatzstelle der Ringwand an dieser Ausdehnung keinen Antheil nahm. Ausser der einen Zwischenmembran fand ich bei Cyathea medullaris zuweilen noch eine zweite, ebenfalls in der unteren Ringzelle liegende vor (Taf. VIII, Fig. 11, 13); in diesen Fällen war die Ringwand entweder von Anfang an aus zwei Stücken zusammengesetzt, oder die eine Zwischenmembran muss hier als sekundär betrachtet werden. Auch bei den Antheridien der Polypodiaceen kommt zuweilen eine Zwischenmembran in der Ringzelle vor; so erwähnt schon Kny eine solche bei Asplenium einige Male bemerkt zu haben[2]). Auch ich bemerkte hier derartige Fälle; da dieselben aber immer nur an älteren Antheridien vorkamen, so halte ich die Zwischenmembran hier für sekundär in der Ringzelle entstanden. Uebrigens darf man bei der Entscheidung der Frage, ob eine Zwischenmem-

1) Vgl. Kny und Strassburger l. c.
2) l. c. p. 427 Anmerkung.

bran in einem gegebenen Falle vorhanden ist oder nicht, sich nicht durch die falschen Scheidewände täuschen lassen, welche sich namentlich bei den Polypodiaceen an den entleerten Antheridien regelmässig vorfinden; es sind dies Falten, welche von den bei dem Aufbrechen des Antheridiums mächtig ausgedehnten inneren Wänden der Ringzellen gebildet werden. Sehr oft reichen diese Falten bis an die Aussenwand des Antheridiums; dann ist sogar eine Täuschung von oben möglich; gewöhnlich aber kann man nur bei einer Seitenansicht über ihre wahre Bedeutung irre geleitet werden. Ich betone hier diesen Punkt, weil die irrthümliche Angabe der Mehrzahl der älteren Beobachter, dass jedes Stockwerk des Antheridiums bei den Polypodiaceen aus einer Anzahl von Zellen bestehe, hierin seinen Grund hat.

Strassburger[1]) und Kny[2]) vergleichen die Ringwand im Antheridium der Polypodiaceen ganz richtig mit den in Mitten einer Epidermiszelle freigebildeten Spaltöffnungsmutterzellen von Aneimia. Auch für die Entstehung der ringförmigen Wand bei den Cyatheaceen liefern dort diejenigen Fälle ein Analogon, in welchen die Spaltöffnung durch eine Zwischenmembran mit einer Seitenwand der Epidermiszelle verbunden ist. Die Zwischenmembran ist auch hier ein Theil der ringförmigen, die Spaltöffnungsmutterzelle einschliessenden Zellhaut. Die Figuren 21 und 22 auf Taf. VIII. stellen solche Spaltöffnungen in jungem Zustande bei Aneimia hirta dar. Figur 21 entspricht der Fig. 14, Fig. 22 der Fig. 2 auf derselben Tafel. Die Art und Weise, wie in Fig. 22 die Spaltöffnungsmutterzellhaut mit ihrer Ansatzmembran verläuft, spricht dafür, dass auch hier die Bildung dieser ringförmigen Membran nicht simultan, sondern von der seitlichen Ansatzstelle α aus im Kreise fortschreitend erfolgte, bis bei β die Berührung stattfand. —

Im weiteren Gange der Entwicklung des Antheridiums wird nun bei den Cyatheaceen wie bei den Polypodiaceen zunächst eine zu der Basalmembran des Antheridiums parallele Wand auf die annulare Zelle aufgesetzt[3]). (Taf. VII, Fig. 13). Aus der inneren der beiden so entstandenen Zellen gehen die Spermato-

---

1) Pringsheim's Jahrb. VII, p. 393.

2) l. c. p. 429.

3) Strassburger scheint nur den späteren Zustand, wo diese Membran sich bereits gewölbt hat, gesehen zu haben, denn er giebt an, dass sich nicht eine ebene, sondern eine gewölbte Membran aufsetzt (l. c. p. 392).

zoiden hervor, es verschwindet daher in ihr zunächst das Chlorophyll und statt dessen füllt sie sich mit feinkörnigem Protoplasma an, wobei ihr Volumen sich gleichzeitig beträchtlich vergrössert und die neugebildete Wand sich convex nach oben krümmt (Taf. VII, Fig. 12). Die von Strassburger[1]) für die Antheridien der Polypodiaceen gemachte Angabe, dass die beiden durch das Eintreten der Ringwand neu entstehenden Schwesterzellen sogleich verschiedenen Inhalt führen, kann ich nicht bestätigen: Erst nachdem jene zur Basalmembran parallele Wand aufgetreten ist, verschwindet in der inneren Zelle das Chlorophyll, indem sie sich statt dessen mit körnigem Plasma anfüllt. (Man vergleiche Fig. 13 mit Fig 12). —

Sobald dies geschehen ist, zerfällt die oberste Zelle des Antheridiums durch eine auf ihre beiden gewölbten Wände nahezu kreisförmig aufgesetzte Membran in eine obere Wand- und in die eigentliche Deckelzelle (Taf. VIII, Fig 4). Bei den Cyatheaceen findet man sehr oft in der so entstandenen oberen Wandzelle wie in der unteren eine Zwischenmembran vor, welche dieselbe in manchen Fällen auch einzuschnüren scheint (Taf. VIII, Fig. 7, 8, 9). Der Umstand, dass diese neue Zwischenmembran durchaus nicht in der Verlängerung der zu der unteren Wandzelle gehörigen liegt, ist auch ein Beweis dafür, dass, wie soeben angegeben wurde, die neue Ringwand aus der obersten Zelle des Antheridiums und nicht aus der zuerst vorhandenen Ringzelle durch Theilung hervorgeht. Zu der Annahme, dass die obere Zwischenmembran eine der unteren analoge Bedeutung besitzt, liegt kein genügender Grund vor.

Die Deckelzelle, in welcher namentlich bei Cyathea medullaris regelmässig eine sternförmige Anordnung der Chlorophyllkörner bemerkbar ist (Taf. VII, Fig 7), zerfällt hierauf, wie schon Kny bei Cibotium Schidei beschreibt[2]), bei den Cyatheaceen und auch bei Dicksonia durch eine bogenförmig oder annähernd Sförmig gekrümmte Membran, welche senkrecht zu den beiden gewölbten Wänden der Deckelzelle verläuft, in zwei mehr oder minder ungleich grosse Tochterzellen (Taf. VIII, Fig. 2, 6). Diese theilen sich zuweilen, wie ebenfalls bei der genannten Gattung, nochmals durch Wände, welche bei Alsophila und Cyathea meist annähernd senkrecht zu der letztgebildeten Wand verlaufen. (Taf. VIII, Fig. 2, 23). Dagegen finden bekanntlich bei den Polypodiaceen in

1) l. c. p. 393.
2) l. c. p. 428.

der Regel keine Theilungen in der Deckelzelle statt, sondern die letztere reisst bei der Reife des Antheridiums sternförmig auf.

Die Bildung der oberen Wandzelle erfolgt bei den Cyatheaceen im Allgemeinen nur dann, wenn das Antheridium eine gewisse Grösse erreicht, denn bei Sprossen und jungen Prothallien, wo dasselbe in der Regel bedeutend kleiner ist, als sonst[1]), unterbleibt sie fast stets; in diesem Falle wird dann die ganze obere Zelle zum Deckel und theilt sich nach Art desselben. Einen Fall, wo trotz der normalen Grösse des Antheridiums dennoch nur eine Ringzelle gebildet wurde, zeigt Fig. 10 auf Taf. VII. Bei den Polypodiaceen unterbleibt bei den Antheridien an Sprossen und jungen Prothallien die Bildung der oberen Wandzelle im Allgemeinen viel seltener als bei den Cyatheaceen, ja sogar sind oft einstöckige Antheridien eine Seltenheit. Wie schon von Kny und Anderen gezeigt wurde, haben die Antheridien der Polypodiaceen sogar nicht selten drei und mehr über einander befindliche Ringzellen — ein Fall, den ich bei den Cyatheaceen nie antraf. Ebenso wenig waren bei der letzteren Familie Antheridien ohne alle peripherischen Zellen zu finden, wie sie sowohl nach den Angaben der früheren Beobachter, als auch nach meinen eigenen Untersuchungen bei den Polypodiaceen vorkommen[2]). Dagegen traf ich an Sprossen bei Hemitelia spectabilis Antheridien an, welche von allen bis jetzt beschriebenen dadurch abwichen, dass sie ausser der Spermatozoidenurmutterzelle nur noch eine Deckelzelle besassen (Taf. VIII, Fig. 16, 17, 19). Auch bei Anwendung der stärksten für gewöhnlich zu Gebote stehenden Systeme war keine Spur einer seitlichen Ringzelle zu erblicken. Das Innere der Spermatozoidenurmutterzelle enthielt ausser einigen Spermatozoidenmutterzellen (in dem in Figur 19 dargestellten Falle waren deren fünf vorhanden), Chlorophyll in Gestalt wolkiger Massen; das letztere war auch mit der Deckelzelle der Fall. Der Deckel wurde in einigen Fällen abgeworfen (Taf. VIII, Fig. 16), in anderen sternförmig durchrissen (Taf. VIII, Fig. 17). Derartige Antheridien fand ich bei den Prothallien anderer Farne nicht vor.

---

1) Auf der *Fläche* erwachsener Prothallien haben die Antheridien bei *Cyathea* und *Alsophila* oft einen acht mal so grossen Inhalt, als an sehr jungen Vorkeimen und Sprossen.

2) Diese Antheridien enthalten meist sehr wenig Spermatozoidenmutterzellen. So fand ich ein solches an einem jungen Vorkeim von Pteris cretica, welches deren nicht mehr als zwei gebildet hatte.

Noch ehe die Deckelzelle sich getheilt hat, zerfällt bei den Cyatheaceen die innere Zelle des Antheridiums durch eine auf der Ebene des Prothalliums senkrechte und zu der Achse desselben beliebig gerichtete Wand in zwei Tochterzellen, welche sich nochmals durch Wände theilen, welche sowohl auf der letztgebildeten Membran, als auch auf der Fläche des Prothalliums senkrecht stehen (Taf. VII, Fig. 10; Taf. VIII, Fig. 4, 5, 6, 26). Nur sehr selten finden schon hier Abweichungen von der Regel statt. Hierauf halbirt sich jede der vier so entstandenen Zellen durch eine zu der Ebene des Prothalliums parallele Wand. (Vgl. dieselben Fig.). Die nun folgenden Theilungen verlaufen im Ganzen unregelmässig, und nur sehr selten stehen die Theilungswände auch jetzt noch wie bisher successive auf einander senkrecht; am häufigsten ist der Fall, dass die acht nach Art von Kugeloktanten gelagerten Zellen sich durch Wände theilen, welche in Bezug auf den Mittelpunkt der Urmutterzelle annähernd tangential verlaufen (Taf. VIII, Fig. 3)[1]). Dies beobachtete ich auch bei den darauf hin untersuchten Polypodiaceen, u. A. bei Pteris aquilina und cretica, obwohl, nach Strassburger[2]) bei Pteris serrulata die aufeinanderfolgenden Theilungswände in der Centralzelle des Antheridiums bis zuletzt successiv auf einander senkrecht stehen. Dass die erste in dieser Zelle auftretende Wand einen zu der Oberfläche des Prothalliums parallelen Verlauf nimmt, wie der genannte Forscher für dieselbe species angiebt, habe ich bei den von mir untersuchten Polypodiaceen nicht gefunden.

Sobald nun die Theilungen in der Urmutterzelle der Spermatozoiden abgeschlossen sind, dehnen die auf diese Weise entstandenen Zellen sich durch Wasseraufnahme stark aus und bekommen dadurch eine ziemlich regelmässige, polyëdrische Gestalt. Zugleich nimmt hierbei die ganze Centralzelle in der Regel dermassen an Umfang zu, dass die peripherischen Zellen z. Th. völlig zusammengedrückt werden (Taf. VIII, Fig. 8). Das nächste Stadium zeigt nun die abgerundeten Mutterzellen in körnigem Schleime eingebettet (Taf. VIII, Fig. 1, 7, 8, 9). Offenbar sind hierfür zwei Erklärungen möglich: entweder sind die ursprünglichen Wände aufgelöst worden, indem sie sich in körnigen Schleim umwandelten, und es sind von den dadurch frei gewordenen, abgerundeten Plasmamassen der einzelnen Zellchen neue Wände

1) Vgl. auch Kny, l. c. p. 427.
2) l. c. p. 394.

ausgeschieden worden, — oder aber es haben die ursprünglichen Zellwände sich nur zum Theil in Schleim verwandelt, und die Membran der Spermatozoidenmutterzellen ist die dabei übrig gebliebene Innenlamelle. Dass nun in der That die letztere Erklärung die richtige ist, beweist zunächst der Umstand, dass nicht selten zu der Zeit, wo die durch Theilung in der Centralzelle entstandenen Zellen eine polyedrische Gestalt angenommen hatten, während der körnige Schleim noch nicht zu sehen war, die Spermatozoiden in jenen Zellen bereits vorhanden waren. Es war mir sogar möglich, den Uebergang aus diesem in das folgende Stadium zu verfolgen, indem ich beobachtete, wie ein feiner, stark lichtbrechender Mittelstreif in den Wänden der Spermatozoidenmutterzellen, sichtbar wurde, wie dieser an Stärke immer mehr zunahm und die polyedrischen Zellen sich während dessen abrundeten; wie die ursprünglich als jener Streifen erscheinende Mittellamelle dabei in Schleim überging. Die Hauptmasse des Schleimes wird von den mächtig aufquellenden Innenwänden der peripherischen Zellen des Antheridiums gebildet; nach der Entleerung des letzteren zeigen diese Wände sich daher stets viel zarter als die Aussen- und die Zwischenmembranen der betreffenden Zellen. Uebrigens ist noch zu bemerken, dass, während die ursprünglichen Wände der Spermatozoidenmutterzellen zu der Zeit ihrer Entstehung und unmittelbar nach derselben durch Kalilauge nicht merklich verändert werden (Taf. VIII, Fig. 2, 6), dieselben noch bevor sie die polyedrische Form angenommen haben, durch dasselbe Reagens regelmässig beträchtlich aufquellen; dabei ist die Quellung der Innenwände der peripherischen Zellen des Antheridiums stets viel stärker als die der übrigen Spermatozoidenmutterzellenwände (Taf. VIII, Fig. 11, 13). Nach dem Vorausgeschickten ist klar, dass diese Erscheinung das Zeichen für die beginnende Umwandlung der sich später auflösenden Schichte ist.

Die Anzahl und Grösse der Mutterzellen ist im Allgemeinen um so beträchtlicher, je grösser das Antheridium ist; während an sehr jungen Prothallien oft nur zwanzig oder auch viel weniger in einem Antheridium vorhanden sind, zählt man bei älteren nicht selten deren fünfzig oder mehr.

Die Bildung des Spermatozoids wird bei den Cyatheaceen wie bei den Polypodiaceen dadurch eingeleitet, dass das Plasma der Mutterzelle sich unter Abgabe von Wasser an die Wand zurückzieht, wobei in der Mitte eine Stärkekörner enthaltende Vacuole

zurückbleibt. Hierauf schält das Spermatozoid sich mit dem vorderen Ende beginnend aus dem Plasma heraus (Taf. VIII, Fig. 20 a bis c). Es bildet in der Mutterzelle eine Spirale von anderthalb bis drei Windungen; an seinem Vorderende sind die von Lescysc-Suminsky und Thuret entdeckten Wimpern befestigt, deren Länge besonders bei den Cyatheaceen eine ziemlich beträchtliche ist: sie sind in der Regel anderthalb bis zwei Mal so lang als der Körper des Samenfadens[1]) (Taf. VIII, Fig. 20 e, f, g, h, i). Mit starker Jodlösung behandelt, bräunt sich der letztere mit den Wimpern, während die Haut der Mutterzelle wegen ihres geringen Durchmessers völlig hyalin bleibt und die in der Flüssigkeit suspendirten Körner sich bläuen. Eine Streckung des Körpers tritt dabei nicht ein. Die Gestalt der Spermatozoiden variirt bei einer und derselben Species innerhalb gewisser Grenzen[2]). In der Regel ist sie walzenförmig (Taf. VIII, Fig. 20 e, g, i, k), oft jedoch auch bandförmig oder mit mehreren Ausstülpungen versehen (Fig. 20 h). An dem Vorderende sind die Spermatozoiden stets verschmälert; an dem Hinterende ist dies entweder ebenfalls der Fall, — der Körper läuft dann oft nach hinten in eine feine Spitze aus (Fig. 20 l) — oder das Spermatozoid endet hinten mehr oder minder stumpf (Fig. 20 g, i. k). Auf diesen Variationen in der Gestalt beruhen die sich widersprechenden Angaben der meisten früheren Beobachter[3]).

Sobald das Antheridium seine völlige Grösse erlangt hat, verschwindet das Chlorophyll aus den peripherischen Zellen (Taf. VIII, Fig. 7, 8, 9, 10). Das Aufbrechen wird unter Vermittlung von Aussen hinzutretenden Wassers dadurch bewirkt, dass einerseits in den peripherischen Zellen durch Wasseraufnahme eine gewaltige Spannung eintritt, andrerseits der die Spermatozoidenmutterzellen umhüllende Schleim aus demselben Grunde stark aufquillt (Taf. VIII, Fig. 9). In Folge hiervon wird bei den Cyatheaceen und bei Dicksonia entweder der ganze Deckel, oder viel häufiger die von der gekrümmten, denselben durchschneidenden Membran eingeschlossene Hälfte aus dem Verbande mit den Nachbarzellen losgelöst, und

1) Die Länge der Wimpern variirt bei verschiedenen Arten; so giebt schon Schacht (die Spermatozoiden des Pflanzenreichs 1864, p. 42) an, dass die Samenfäden von Gymnogramme längere Wimpern haben, als die von Doodia und Pteris.

2) Vgl. auch Schacht, ebendaselbst p. 32.

3) So giebt z. B. Hofmeister (Vergleichende Untersuch. p. 80) an, dass bei den Polypodiaceen der Körper des Spermatozoids hinten immer in eine feine Spitze endet; auch führt derselbe Forscher dort in einer Anmerkung die sich widersprechenden Angaben der früheren Beobachter über diesen Punkt an.

die Spermatozoidenmutterzellen gelangen nun in's Freie (Taf. VIII, Fig. 9). Dies tritt nicht selten schon ein, wenn die Samenfäden noch gar nicht entstanden sind, wie schon Naegeli[1]) bei den Polypodiaceen angiebt; in diesem Falle sah ich dann bei Cyathea medullaris die Bildung derselben innerhalb weniger Secunden vor dem Antheridium vor sich gehen. Für gewöhnlich tritt durch den Druck der sich immer mehr ausdehnenden Wandzellen unterstützt, etwa die Hälfte der in dem Antheridium enthaltenen Mutterzellen mit einem Male heraus, während die übrigen die Spermatozoiden später einzeln im Innern des Antheridiums entlassen.[2]) Indess bleibt das letztere nur sehr selten ganz leer zurück; in der Regel findet man schliesslich immer noch einige durch Aufplatzen ihrer Mutterzellhäute (s. unt.) freigewordene abortirte Samenfäden darin[3]) (Taf. VIII, Fig. 10, 18).

Nach dem Aufbrechen des Antheridiums bleibt das Spermatozoid eine kurze Zeit lang, in der Regel etwa eine Minute in der Mutterzelle unbeweglich liegen; sodann beginnt es sich schneller und schneller um seine Achse zu drehen, bis es plötzlich mit einem Ruck davoneilt[4]). Hierbei zieht sein Körper sich zugleich dergestalt zusammen, dass, während er vorher nur anderthalb bis höchstens drei Windungen besass, man jetzt ausser der hintersten, welche immer weit bleibt, noch zwei bis drei enge Windungen an ihm bemerkt. Ebensohäufig entfernt der Samenfaden sich aber auch, ohne sich zuvor in der Mutterzelle zu bewegen. In diesem Falle wird dann zuweilen unmittelbar vorher der Umriss der letzteren eckig, während zugleich das Spermatozoid sich fest an die Membran anlegt. (Taf. VIII, Fig. 20 d). Dies deutet offenbar auf eine Spannung in der Mutterzelle hin[5]). Zuweilen tritt auch schon im Innern des noch ungeöffneten Antheridiums eine Rotation ein, wie dies bei den Polypodiaceen bereits Nägeli[6]) und Schacht[7])

---

1) Nägeli, Bewegliche Samenfäden, in Schleiden und Nägeli, Zeitschrift für wissenschaftl. Botanik. 1844; p. 180.

2) Vgl. Mercklin, l. c. p. 38; Schacht in Linnaea 1849, p. 763; Henfrey l. c. p. 22.

3) Schacht (die Spermatozoiden im Pflanzenreich, p. 8) macht bei Angabe analoger Fälle bei Equisetum die eigenthümliche Annahme, dass diese Spermatozoiden ausgeschwärmt waren und dennoch bis zu ihrem Tode in dem Innern des Antheridiums verblieben, weil sie die Oeffnung desselben nicht fanden.

4) Vgl. Schacht in Linnaea 1849, p. 763 und 764.

5) Schon Schacht beobachtete diese Erscheinung bei den Spermatozoiden von Equisetum (Sperm. im Pflanzenreich, p. 7).

6) l. c. p. 176.

7) Linnaea 1849: p. 764.

fanden. Die nach dem von Nägeli[1]) bezeichneten Gesetze rotirende und zugleich fortschreitende Bewegung des Samenfadens ist wegen der leichten Verschiebbarkeit seiner Theile gegen einander und wegen der ungleichen Vertheilung der Masse um seine Achse zitternd und schwerfällig; ihre Dauer beträgt bei Cyathea und Alsophila etwa eine halbe Stunde[2]). Die Richtung der Rotation ist dadurch bestimmt, dass das Spermatozoid mit dem die Cilien tragenden Vorderende sich stets in das Wasser gleichsam hineinbohrt; sie hängt also nur davon ab, ob die Spirale, welche der Körper des Samenfadens bildet, nach rechts oder nach links gewunden ist; in dem einen Falle ist sie umgekehrt wie in dem anderen. An dem hinteren Ende des Spermatozoids befindet sich auch bei den Cyatheaceen sehr oft ein mit Stärkekörnern erfülltes Bläschen, hinsichtlich dessen Deutung ich vollkommen mit Strassburger übereinstimme[3]).

Von dem Moment des Ausschwärmens an ist von der Membran der Mutterzelle nichts zu sehen. Ueber den Vorgang, welcher hierbei stattfindet, weichen die Angaben der früheren Beobachter von einander ab. Hofmeister hält die Haut der kugeligen Mutterzelle überhaupt garnicht für eine Cellulosemembran, sondern für ein protoplasmatisches „Bläschen," welches wahrscheinlich der primäre Kern der ursprünglichen Mutterzelle ist[4]). Bei dem Ausschwärmen des Spermatozoids reisst nun dieses Bläschen weitklaffend auf und der Samenfaden schiesst in schnellster Bewegung davon[5]). Schacht giebt für die Spermatozoiden aller Kryptogamen, die solche besitzen, an, dass das Freiwerden derselben durch ein Zerfliessen der aus einem Kohlenhydrat bestehenden Wandung ihrer Mutterzelle erfolgt, oder dass dieselben aus einem Riss der letzteren entschlüpfen. Beide Arten des Freiwerdens seien bisweilen neben einander vertreten[6]). Für die Samenfäden der Farrnkräuter erklärt er sich nicht speciell über diesen Punkt;

---

1) l. c. p. 177.

2) Die weiteren Gesetze, welche Nägeli (l. c. p. 177 bis 179) für die Bewegung der Spermatozoiden angiebt, sind, wie schon Wigand erwähnt, in der That nicht anzuerkennen. Der Grund hierfür liegt einfach darin, dass Nägeli dieselben einzig und allein theoretisch aus dem Vermögen des Spermatozoids, sich um seine Achse zu drehen und aus der Gestalt desselben ableitete, weil er das bewegende Agens, die Wimpern, noch nicht bemerkt hatte.

3) l. c. p. 395.

4) Vergleichende Untersuchungen p. 79.

5) Ebendaselbst p. 80.

6) Die Spermatozoiden im Pflanzenreich p. 30.

er erwähnt nur, dass bei dem Ausschlüpfen keine Spuren einer aufgelösten oder zerissenen Membran hinterbleiben[1]). Strassburger endlich ist der Meinung, dass die Mutterzellhaut der Spermatozoiden beim Freiwerden der letzteren aufgelöst wird[2]).

Zunächst ist hier zu erwähnen, dass die Membran der Spermatozoidenmutterzelle so dünn und durchsichtig ist, dass, wenn der ziemlich stark lichtbrechende Inhalt sie verlassen hat, sie sehr wohl noch vorhanden sein kann, ohne dass man sie wahrnimmt. Die Annahme, dass dieselbe aufgelöst wird, ist deshalb zunächst gar nicht nothwendig. Dann aber spricht gegen diese Annahme der Umstand, dass dem ganz plötzlichen Verschwinden der Mutterzellhaut in den zahlreichen Fällen, welche ich beobachtete, auch bei genauer Prüfung keine Spur einer Quellung vorausging. Dagegen ist es höchst wahrscheinlich, dass bei der unmittelbaren Berührung der Mutterzelle mit dem Wasser durch die in der letzteren in Lösung befindlichen Stoffe ein endosmotischer Strom entsteht, durch welchen schliesslich die Membran gesprengt wird. Damit ist auch die vor dem Ausschwärmen zuweilen eintretende Spannung (s. ob.) erklärt. Wo nun, wie man es zuweilen bemerkt, ein Spermatozoid von seiner Mutterzellhaut völlig eingeschlossen zwanzig Minuten und länger rotirt, bis endlich unter Verlangsamung der Bewegung der Tod eintritt, da wurde demnach das Zerreissen der Mutterzellhaut durch ihre zu grosse Festigkeit oder durch andere Ursachen verhindert.

Zuweilen bemerkte ich auch, wie eine Mutterzelle, welche ihr Spermatozoid scheinbar völlig einschloss, sich langsam und schwerfällig bewegte. Bei genauer Prüfung zeigte sich, dass ein Theil der Wimpern frei war und durch seine peitschenartigen Schwingungen die Mutterzelle sammt dem Spermatozoid in Bewegung setzte, während die übrigen deutlich im Innern der Mutterzelle in der Nähe der Wand sichtbar waren (Taf. VIII, Fig. 20 f). In diesem Falle war also offenbar beim Aufplatzen nur eine kleine Oeffnung entstanden, durch welche dann jene Cilien herausgetreten waren. Aehnlich erklärt sich wahrscheinlich auch die von mehreren der älteren Beobachter angegebene Erscheinung, dass die Mutterzellen mit dem von ihnen vollständig eingeschlossenen Samenfaden häufig lebhaft rotiren[3]).

1) Ebendaselbst p. 25, vgl. auch Schacht in Linnaea 1849, p. 764.
2) Befruchtung bei den Farnkräutern (Pringsheim's Jahrb. VIII) p. 395.
3) Vgl. z. B. Schacht, Linnaea 1849, p. 764.

III. Entwicklung der Archegonien und Befruchtung.

Die Archegonien entstehen normal bei den Cyatheaceen wie bei den Polypodiaceen auf der Unterseite des Zellenpolsters nach vorn zu, und zwar in der Weise, dass die jüngsten Anlagen dem Scheitel immer am nächsten liegen. Dies hängt mit dem Umstand zusammen, dass das Prothallium auch noch nach der Bildung des Zellpolsters wie zuvor weiter wächst, und dass zugleich damit auch die Ausdehnung des Polsters nach vorn zu allmählich immer mehr zunimmt. —

Der erste Schritt bei der Bildung des Archegoniums besteht darin, dass eine Zelle der Oberfläche durch 2 oder 3 zu der letzteren parallele Wände in drei resp. vier Tochterzellen zerfällt. Aus der äussersten Zelle geht der Hals des Archegoniums, aus der folgenden der Halskanal mit der Centralzelle hervor, die eine resp. beiden übrigen fungiren als Basalzellen. Bei den Polypodiaceen ist in der Regel, wie schon von Janczewski bemerkt wird[1]), nur eine Basalzelle vorhanden (Taf. VIII, Fig. 28); indessen habe ich mich überzeugt, dass zuweilen auch hier deren zwei vorkommen; bei Cyathea medullaris und Alsophila australis fand ich deren regelmässig zwei (Taf. IX, Fig. 1, 2, 3, 8), bei Hemitelia spectabilis immer nur eine vor. Die Mutterzelle der inneren Theile des Archegoniums füllt sich dicht mit körnigem Protoplasma an. Das Chlorophyll verschwindet dabei entweder sogleich in ihr, oder seltener ist dasselbe noch zu der Zeit vorhanden, wo der Halskanal bereits von der Centralzelle abgetrennt ist (Taf. IX, Fig. 3). Unterdess geht in der Mutterzelle des Halses wie gewöhnlich eine Kreuztheilung vor sich (Taf. IX, Fig. 6). Dass hierbei die erste Wand regelmässig nach der Längsachse des Prothalliums orientirt ist, wie Kny[2]) für Osmunda und Strassburger[3]) für die von ihm untersuchten Polypodiaceen angiebt, habe ich weder bei den Polypodiaceen, noch bei den Cyatheaceen gefunden; es liess sich in diesem Punkt keine Regel erkennen. Aus den vier durch die Kreuztheilung entstandenen Zellen gehen die vier Zellreihen des Halses hervor, indem dieselben sich von unten aufsteigend[4]) durch Wände theilen, welche gegen die gemeinschaftliche Berührungslinie geneigt und unter sich parallel sind (Fig. 2). Es ist

1) Botan. Zeitg. 1872, p. 418.
2) Pringsheim's Jahrb. VIII, p. 11.
3) Pringsheim's Jahrb. VII, p. 397.
4) Man erkennt dies daraus, dass in diesem Stadium die oberste Wand in jeder der vier Halsreihen immer viel zarter ist als die unteren.

also hier anders als bei Salvinia, wo nach Pringsheim[1]) in jeder der vier Mutterzellen des Halses die unterste der durch die erste geneigte Wand entstandenen Tochterzellen sich durch geneigte Wände weiter theilt.[2]) Gleichzeitig findet eine beträchtliche Streckung in der Richtung der Theilung statt, wodurch die Theilungswände sehr bald eine gegen die Längsachse des Archegoniums senkrechte Lage annehmen. (Fig. 3, 8 etc.) Die Anzahl der Halszellen in jeder der vier Reihen beträgt nach Abschluss der Theilungen bei den Cyatheaceen vier bis fünf, seltener sechs bis acht; ungefähr ebenso ist es bei den Polypodiaceen. Oft sind auf der vorderen Seite, in Uebereinstimmung mit der Krümmung des Halses nach hinten zu, eine oder zwei Zellen mehr als auf der hinteren vorhanden (Fig. 7, 9). Sämmtliche Zellen des Halses enthalten solange bis sie ihr Wachsthum vollendet haben, Chlorophyll und zeigen dabei einen sehr deutlichen Zellkern. (Fig. 7, 8, 15). Schmiegt derselbe sich, wie es oft der Fall ist, in allen Zellen des Halses der Innenwand an, so gewinnt es leicht den Anschein, als seien in dem Halskanal eine Reihe von Zellkernen vorhanden, wie Strassburger behauptet[3]). Hat das Archegonium schliesslich seine völlige Grösse erreicht, so verschwindet das Chlorophyll aus sämmtlichen Halzzellen; die Zellkerne in den letzteren treten jetzt in Folge dessen noch deutlicher hervor; sie zeigen sich in der Regel in der Mitte ihrer Zellen und sind durch Plasmastränge mit dem Wandbeleg verbunden (Fig. 10, 11, 12, 13). — Die Mutterzelle der vier Halsreihen bemerkte ich zu der Zeit, wo dieselbe sich soeben kreuzweise getheilt hatte, besonders bei Cyathea medullaris, von einem durch radiale und tangentiale Theilung der ringsum liegenden Zellen der Oberfläche entstandenen Zellringe umgeben (Fig. 6).

Die mit dichtem Plasma angefüllte und einen schönen Zellkern zeigende Mutterzelle der inneren Theile des Archegoniums drängt sich zwischen die vier sich kreuzförmig berührenden Zellen des Halses, entweder bevor diese begonnen haben sich zu theilen (Fig. 1), oder nachdem dies bereits geschehen ist (Fig. 2). Sie leitet auf diese Weise die Bildung des Halskanals ein, dessen Vergrösserung mit der Streckung des Halses gleichen Schritt hält

1) Pringsheim's Jahrb. 1863, p. 521.

2) Bemerkung des Redacteurs: Obige Angabe beruht auf einem Irrthum des Herrn Verfassers. Ich habe an der citirten Stelle das frühere Erlöschen der Theilung in der äusseren, d. h. unteren Zelle des Halses ausdrücklich betont. Pringsheim.

3) l. c. p. 398.

(Fig. 3, 8). Nach einiger Zeit sind darauf in der inneren Zelle an Stelle des einen Zellkerns zwei, einer oben und einer unten zu bemerken, und kurz darauf trennt sich der Halskanal durch eine in der grossen Mehrzahl der Fälle convex nach innen gekrümmte Membran ab, welche bei den von mir untersuchten Arten nicht, wie Strassburger für Ceratopteris thalictroides und Pteris serrulata angiebt,[1]) durch Kalilauge, selbst bei längerem Liegen in diesem Reagens, gelöst wird (Taf. VIII, Fig. 28; Taf. IX, Fig. 3). Die Kanalzelle im Archegonium der Gefässkryptogamen ist bekanntlich von Pringsheim bei Salvinia entdeckt worden[2]). Auch hat derselbe hier gleichzeitig zuerst die Entstehung des Halskanals auf Wachsthums- und Theilungsvorgänge in der Centralzelle und Kanalzelle zurückgeführt. Indess geht, wie Pringsheim dort gezeigt hat, die Bildung des Halskanals bei Salvinia in der Weise vor sich, dass in der Centralzelle zunächst eine zweite Zelle entsteht, welche, indem sie sich nach oben hin ausdehnt, den Halskanal bildet[3]). —

Noch ehe das Archegonium seine völlige Grösse erreicht hat, ist im Inneren desselben eine zweite, der ersten daselbst vorhandenen meist genäherte und paralle Wand sichtbar (Taf. IX, Fig. 4, 7). Von dieser giebt Janczewski an, dass sie immer in der Centralzelle entsteht, und nennt daher die mittelste der nun im Innern des Archegoniums vorhandenen drei Zellen „Bauchkanalzelle“[4]). Diese Ansicht ist nach meinen Beobachtungen nur zum Theil richtig. Oftmals liegt allerdings die eine von den beiden Wänden so tief in der Centralzelle, dass eine andere Erklärung als die, dass sie in der letzteren entstanden ist, nicht wohl möglich ist. Dagegen kommen auch Fälle vor wie der in Fig. 8 abgebildete, welche beweisen, dass auch im Halskanal Wände gebildet werden, und ausserdem entspricht die die Bauchkanalzelle Janczewski's nach unten zu begrenzende Wand oft ihrer Lage nach durchaus der zuerst im Innern des Archegoniums vorhandenen Membran (Fig. 4). Dazu kommt noch, dass in jüngeren Zuständen nicht selten die äussere Wand der Bauchkanalzelle noch sehr zart ist, während die innere die Dicke der übrigen Zellwände des Archegoniums

---

1) Ibid. p. 398.

2) Pringsheim's Jahrb. III. (1863), p. 520—523 und Monatsberichte der Berl. Acad. d. Wiss. 1863. p. 175—176.

3) Ibid. p. 521, 522.

4) l. c. p. 419.

besitzt. Endlich hatte in einem Falle (Fig. 10) die obere Wand, welche abweichend von der Regel concav nach innen verlief, sich auf der einen Seite auf die viel stärkere untere aufgesetzt. Alle diese Thatsachen zeigen, dass die Bauchkanalzelle Janczewski's, bald aus dem Halskanal, bald aus der Centralzelle entsteht; ich bin aber desshalb doch dafür, dass der Name, welchen dieser verdienstvolle Forscher jener Zelle gegeben hat, beibehalten wird, da er wegen ihrer Lage recht gut passt. —

In die Zeit der Entstehung der Bauchkanalzelle fällt auch die Bildung der Bauchhülle des Archegoniums. Es treten zu dem Behuf in sämmtlichen an die Centralzelle stossenden Zellen des Polsters eine oder seltener mehrere tangentiale und zuweilen auch radiale Wände auf; häufig betheiligen sich dabei auch die untersten Zellen des Halses (Fig. 9, 11). Die Höhe des ausgewachsenen Archegoniumhalses unterliegt namentlich bei Cyathea medullaris grossen Schwankungen; im Maximum fand ich sie dort etwa doppelt so beträchtlich als im Minimum. Bald nachdem das Archegonium seine völlige Grösse erreicht hat, zeigen die beiden Kanal-Zellen sich mit einer homogenen, schleimigen Substanz erfüllt, in deren Mitte eine körnige Masse sichtbar ist. Erstere bläut sich mit Chlorzinkjod, zeigt ein beträchtliches Quellungsvermögen und lässt nach Behandlung mit quellenden Agentien nicht selten eine deutliche Schichtung parallel den Wänden der Kanalzellen erkennen; letztere wird durch Jod sogleich lebhaft gebräunt, und giebt sich dadurch als körniges Plasma zu erkennen. In dem letzteren ist sehr oft der Zellkern noch deutlich zu sehen (Taf. X, Fig. 11). Ueber die Entstehung jenes Schleimes lauten die Angaben der bisherigen Beobachter verschieden. Hofmeister behauptet in seinen Vergleichenden Untersuchungen[1]), dass im Innern des Farnarchegoniums wie bei den Moosen ein Zellstrang vorhanden ist; die die einzelnen Kanalzellen von einander trennenden Wände werden nun, wie er sagt, aufgelöst, und der zusammenfliessende und gerinnende Zellinhalt erscheint als wurmförmige Schleimmasse. Dagegen lässt sich zunächst einwenden, dass ein solcher Zellstrang hier nicht existirt; dann aber zeigt die Bläuung mit Chlorzinkjod, welche bei dem Schleim stets erfolgt, dass man es hier unmöglich mit geronnenem Plasma zu thun hat. Strassburger giebt an[2]), dass die Zell-

1) p. 81.
2) l. c. p. 399.

kerne, welche nach seiner Meinung im Halskanal vorhanden sind, sich in eine Anzahl kleiner Körner auflösen; diese vereinigen sich zu einer körnigen Masse, welche bald den ganzen Kanal durchzieht. Den homogenen, quellenden, stark lichtbrechenden Schleim, den er von dem körnigen unterscheidet, hält er für Wandplasma[1]). Kny, welcher das Archegonium bei Osmunda untersuchte, fand dort den Halskanal unmittelbar von der Bildung des Schleimes stets dicht mit Stärkekörnern angefüllt, und folgert daraus, dass der Schleim durch Verflüssigung der letzteren entsteht[2]). Aehnlich giebt auch Lürssen an, dass es sich bei der Schleimbildung um eine Verflüssigung des Inhaltes der Kanalzellen handelt[3]). Gegen diese Angaben ist zunächst einzuwenden, dass sie uns über die Natur des Schleimes, sowie über den Vorgang bei der Bildung desselben im Unklaren lassen; dann kommt noch hinzu, dass eine derartige Anfüllung mit Stärkekörnern bei den Kanalzellen im Archegonium der Polypodiaceen und Cyatheaceen nur in Ausnahmefällen zu bemerken ist; es müsste also hier wieder eine andere Erklärung für die Bildung des Schleimes gefunden werden. Janczewski endlich kommt in seinen vergleichenden Untersuchungen über das Archegonium zu dem Resultat, dass der Schleim im Archegonium der Farne wie bei den anderen Archegoniaten ein Quellungsprodukt sämmtlicher Kanalzellenwände ist[4]). Auch diese Ansicht kann ich nicht bestätigen. Bei den zahlreichen Archegonien, die ich in dem Stadium der Schleimbildung auf Querschnitten durch das Zellenpolster vieler Prothallien antraf, bemerkte ich auch nicht ein einziges Mal, dass die seitlichen Kanalzellenwände, welche doch wegen ihres im Verhältniss zu den beiden inneren Wänden sehr bedeutenden Flächeninhaltes nach der Auffassung von Janczewski das Hauptmaterial für die Bildung des Schleimes liefern müssten, sich hinsichtlich ihrer Dicke oder sonstigen Beschaffenheit von den anderen Wänden des Archegoniums irgendwie unterschieden, obgleich ich mein Augenmerk stets genau auf diesen Punkt richtete. Dann aber spricht entschieden gegen die Angabe des genannten Forschers die Thatsache, dass auch bei den aufgebrochenen Archegonien dieselben Wände stets völlig unverändert erscheinen, was

1) Ibid. p. 400.
2) l. c. p. 12.
3) Schenk und Lürssen, Mittheilungen aus dem Gesammtgebiet der Botanik I, p. 473.
4) Botanische Zeitung 1872, p. 419.

nicht möglich wäre, wenn sie durch Qellung eine so dicke Schleimschichte wie die, um welche es sich hier handelt, erzeugt hätten. Hierzu kommt ferner, dass wenn man mit der Präparirnadel den Hals eines in der Schleimbildung begriffenen Archegoniums auseinanderreisst, der Schleim mit den Kanalzellenwänden nicht in Zusammenhang ist, was doch der Fall sein müsste, wenn derselbe ein Quellungsprodukt der letzteren wäre. Endlich aber zeigt zu der Zeit, wo der Schleim noch nicht deutlich wahrzunehmen ist, das Plasma der zwei Kanalzellen bei Anwendung contrahirender Mittel ein gallertartiges Aussehen, während es sich vorher nur durch die geringere Dichtigkeit von dem Plasma der Centralzelle unterschied.

Die hier vorgeführten Thatsachen zeigen, dass der Schleim nicht ein Quellungsprodukt sämmtlicher Kanalzellenwände sein kann, sondern durch nachträgliche Ausscheidung aus dem Plasma dieser zwei Zellen entstanden sein muss. Janczewski wurde zu seiner Annahme offenbar durch den Umstand gebracht, dass das Plasma der Kanalzellen schliesslich als dünner Strang in der Mitte des die Cellulosereaktion zeigenden Schleimes eingebettet ist. Dieser Umstand erklärt uns jetzt die Bildung des letzteren: er zeigt uns, dass dieselbe nichts anderes ist als eine nachträgliche Membranbildung. In der That fand ich auch einige Zustände vor, wo das Plasma der Kanalzellen mit einer nicht sehr dicken Schleimschichte umgeben war, welche mit den Zellwänden in keiner Verbindung stand (Taf. IX, Fig. 7). Diese Anfangsstadien liefern den endgültigen Beweis für die Richtigkeit der von mir gegebenen Erklärung; dass sie aber so selten anzutreffen sind, beweist zugleich, dass diese Membranbildung sehr schnell von Statten geht.

Wie in den bisher erörterten Punkten, so gleicht die Schleimmembran auch in Bezug auf das zu ihrem Aufbau verwendete Material den gewöhnlichen Cellulosemembranen. Wie schon oben erwähnt, fanden Kny und Lürssen die Kanalzellen in den Archegonien der Osmundaceen unmittelbar vor dem Eintritt der Schleimbildung immer mit Stärkekörnern angefüllt, die nach dem Abschluss dieses Prozesses verschwunden waren. Bei den Polypodiaceen und Cyatheaceen bemerkt man davon in der Regel nichts (Taf. IX, Fig. 10), und nur selten fand ich hier Fälle wie den in Fig. 15 abgebildeten vor, wo die beiden Kanalzellen, sowie die Centralzelle dermassen mit Stärkekörnern angefüllt waren, dass die inneren Kanalzellenwände erst nach Behandlung mit geeigneten Reagentien sichtbar

wurden. Die in diesem Punkt bei den genannten Familien waltende Verschiedenheit findet ihre Erklärung darin, dass in dem einen Falle die Baustoffe für die neu zu bildende Membran frühzeitig in den zwei Zellen abgelagert werden, während in dem anderen Falle mit der Zufuhr der Stärke auch zugleich ihr Verbrauch beginnt, so dass sie nicht Zeit hat, sich in Form grösserer, als Körner erscheinender Massen abzusetzen.

Vergleichen wir schliesslich die gewonnenen Resultate mit dem, was wir sonst über die Bildung von Celluloseschleim wissen, so stellt sich eine auffallende Analogie unseres Falles mit anderen, scheinbar weit entlegenen, heraus. Frank kommt am Schlusse seiner Abhandlung über die anatomische Bedeutung und Entstehung der vegetabilischen Schleime[1]) zu dem Resultat, dass die letzteren sämmtlich als Isomere des Gummis und der Cellulose aufzufassen sind, weil sie stets mit einem von diesen beiden Körpern in ihren charakteristischen Eigenschaften übereinstimmen. Er sagt daselbst weiter[2]):

„Die als normale Bestandtheile des vegetabilischen Gewebes auftretenden Cellulose- und Gummistoffe erscheinen schon bei ihrer Entstehung in den chemischen und physikalischen Eigenschaften des fertigen Zustandes. Insbesondere sind also die Zellmembranen, welche aus einer besonderen Cellulosemodifikation oder aus einem Gummi gebildet sind, in ihren jüngsten Stadien nicht als eine gewöhnliche Cellulosemembran vorhanden, welche etwa erst im Laufe ihrer weiteren Entwicklung die abweichenden chemischen und physikalischen Eigenschaften annähme.“

Die Bildung des Schleimes geht also in dem Archegonium der Farnkräuter in derselben Weise vor sich wie in den Schleimzellen verschiedener Samenschaalen.

Kurz vor dem Aufbrechen des Archegoniums wird nun die nach dem Scheitel desselben zu gelegene Wand der Bauchkanalzelle gallertartig gelöst, so dass der Inhalt der beiden Kanalzellen eine zusammenhängende Schleimmasse bildet (Taf. IX, Fig. 9); bald darauf wird auch die noch übrige Bauchkanalzellenwand gallertartig erweicht. Wird um diese Zeit dem Archegonium von Aussen Wasser zugeführt, so beginnt der Schleim stark aufzuquellen und übt auf diese Weise einen bedeutenden Druck auf die Centralzelle aus. Zugleich damit wird aber auch in sämmtlichen

1) Pringsheim's Jahrb. V p. 197.
2) Ibid. p. 198.

Halszellen eine beträchtliche Spannung bemerkbar, wobei der der Centralzelle zunächst liegende Theil des Halskanals sich meist verengert. Ferner beweist die Thatsache, dass der Schleim nicht in die Centralzelle hineingedrückt wird, dass auch in der letzteren ein hydrostatischer Druck stattfinden muss, welcher genügt, um dem Druck des quellenden Schleimes das Gleichgewicht zu halten. Bekommt diese Spannung in der Centralzelle das Uebergewicht, wie es zuweilen vorkommt, so wird der gesammte Schleim mit den beiden gallertartig erweichten Bauchkanalzellenwänden in den oberen Theil des Archegoniumhalses hineingepresst. Einen solchen Fall stellt Taf. X, Fig. 11 dar. Ursprünglich wie gewöhnlich nach unten convex gekrümmt, nahmen die beiden Bauchkanalzellenwände hier durch den, von unten her auf sie ausgeübten Druck zuerst eine convex nach oben gekrümmte Gestalt an, und wurden darauf vor meinen Augen in den Halskanal hinaufgeschoben. — Indem nun schliesslich der Hals des Archegoniums dem Drucke des Schleimes nicht mehr widerstehen kann, bricht derselbe an der Spitze auf, wobei in der Regel die zwei bis drei obersten Zellen der vier Zellreihen desselben aus ihrer seitlichen Verbindung losgelöst werden und sich nach aussen zurückkrümmen. Gleichzeitig quillt der Schleim aus der Mündung des Archegoniums heraus. Da der Brechungsexponent desselben dem des Wassers nahezu gleichkommt, macht sich dieser Vorgang hauptsächlich dadurch bemerklich, dass das in der Mitte des Schleimes befindliche körnige Plasma stossweise in zwei oder auch mehr binnen kurzer Zeit auf einander folgenden Portionen heraustritt. Der Schleim breitet sich dabei vor der Mündung des Archegoniums radial nach allen Richtungen aus. Was das Verhalten des Schleimes zum Wasser anbelangt, so geht aus den Angaben Strassburger's hervor, dass bei den von ihm untersuchten Formen (Pteris serrulata und Ceratopteris thalictroides) die Imbibitionsfähigkeit desselben eine unbegrenzte ist. Strassburger erklärt nämlich die Thatsache, dass er die von ihm zuerst beschriebene Anhäufung der Spermatozoiden über der Mündung und im Halse des geöffneten Archegoniums bei Ceratopteris thalictroides niemals antraf, u. A. durch den Umstand, dass der Schleim hier weit eher in dem umgebenden Wasser diffundirt als bei Pteris serrulata und desshalb nur kurze Zeit die vorbeieilenden Spermatozoiden anhält[1]). Bei den von mir unter-

1) l. c. p. 404.

suchten Cyatheaceen und Polypodiaceen habe ich dagegen gefunden, dass die Quellungsfähigkeit des Schleimes nur eine limitirte ist. Erstens war hier die Grenze des letzteren von dem umgebenden Wasser bei genauer Betrachtung, selbst ohne Anwendung Wasser entziehender Mittel, immer deutlich zu sehen. Bei Archegonien, welche sich vor meinen Augen geöffnet hatten, beobachtete ich nun, dass, solange noch nicht alles Plasma aus dem Halskanal ausgestossen war, jene Grenze sich von der Mündung des Archegoniums immer weiter entfernte, dass sie dagegen bald, nachdem das Plasma vollständig entleert war, an derselben Stelle verblieb und nun nicht weiter vorwärts rückte. Ferner fand ich die erwähnte Anhäufung der Spermatozoiden in dem Schleim über der Mündung des Archegoniums überall da, wo viele Antheridien vorhanden waren, regelmässig vor. Endlich aber sah ich bei vor einiger Zeit geöffneten Archegonien den ehemaligen Schleim in Gestalt einer zusammengeschrumpften, gebräunten Masse aus der Mündung des Halses heraushängen. Diese Thatsachen sprechen entschieden dafür, dass der Schleim bei den von mir untersuchten Farnen nicht im Wasser völlig diffundirt.

Noch vor dem Aufbrechen des Archegoniums gehen mit dem Inhalt der Centralzelle gewisse Veränderungen vor. Die letztere ist Anfangs gleichmässig mit dichtem Plasma angefüllt und enthält einen deutlichen, sphärischen, meist centralen Zellkern. (Taf. IX, Fig. 1, 7, 8). Gegen die Zeit der Reife hin zeigt sich der letztere nicht selten mit einem breiten, hellen Hof umgeben (Taf. IX, Fig. 10); in anderen Fällen vergrössert er sich in auffallender Weise, während er dabei seine ursprüngliche Form beibehält (Fig. 15); oder er nimmt eine breite, stark abgeflachte Gestalt an (Taf. X, Fig. 10). Zuweilen zeigen sich auch in dem Plasma der Centralzelle, namentlich bei in Alkohol aufbewahrten Prothallien, eigenthümliche Sonderungen, wie z. B. in Taf. IX, Fig. 16 dargestellt ist; indess ist diese letzte Erscheinung wohl erst nach dem Tode des Plasmas eingetreten. Während nun der Schleim aus dem geöffneten Archegoniumhalse austritt, oder schon früher, zuweilen sogar vor der Auflösung der beiden inneren Kanalzellenwände, zieht das gesammte Plasma der Centralzelle sich unter Wasserabgabe zusammen und bildet nun eine dunkel körnige Masse, welche rings von Zellflüssigkeit umgeben ist (Taf. IX, Fig. 4, 11, 12, 13). Die Gestalt derselben ist in der Regel sphärisch, nicht selten aber auch umgekehrt birnförmig (Fig. 12), und in einzelnen Fällen sogar cylin-

drisch (Fig. 13). Dies ist die Pringsheim'sche Befruchtungskugel[1]). Dieselbe zeigt in der Mitte einen sphärischen oder ellipsoidischen Zellkern, dessen Grösse vielfach variirt, übereinstimmend mit dem, was bereits zuvor über das Verhalten desselben in der Centralzelle bemerkt wurde. Einen besonderen Keimfleck konnte ich niemals mit Sicherheit erkennen.

Das Eindringen der Spermatozoiden in das Archegonium ist für Pteris und Ceratopteris von Strassburger in seiner bereits oft erwähnten, vorzüglichen Arbeit genau beschrieben worden[2]). Bei den von mir untersuchten Cyatheaceen und Polypodiaceen verläuft diese Erscheinung ganz in derselben Weise: auch hier lassen die Spermatozoiden ihr Bläschen im Schleime zurück, wenn sie es nicht bereits vorher verloren hatten, und strecken sich in dem Grade, als sie sich dem Halskanal nähern, während sie, in der Centralzelle angelangt, sich wieder zusammenziehen. Ich füge hier nur noch einige Worte bezüglich der Erklärung dieses Phänomens hinzu. Bei Beobachtung eines in den Schleim eintretenden Spermatozoids zeigt es sich, dass die Schwingungen der Wimpern auffallend verlangsamt werden. Hierdurch erklärt sich zunächst die Verzögerung der Bewegung des Samenfadens. Aber zugleich überzeugt man sich auch, dass die Rotationsgeschwindigkeit desselben stärker abnimmt als die Geschwindigkeit in grader Richtung. Die Folge hiervon ist nothwendig ein mechanischer Druck des dichten Schleimes auf die Windungen des Samenfadens, und da diese wegen ihrer Zartheit demselben leicht nachgeben, so muss der Körper des Spermatozoids sich in dem Masse strecken, als er in dem Schleim vorwärts schreitet. Gelangt das Spermatozoid wieder in ein dünneres Medium, welches die Schwingungen der Wimpern nicht behindert, so tritt wieder die alte Bewegung ein, und in Folge dessen zieht sich der Körper des Samenfadens wieder zusammen. Dies ist der Fall, wenn ein in dem Schleim befindliches Spermatozoid wieder in das umgebende Wasser zurückkehrt, wie es nicht selten vorkommt[3]). Man bemerkt dabei, dass die Beschleunigung der Rotationsgeschwindigkeit und damit zugleich die Wiederherstellung der ursprünglichen, gewundenen Gestalt bereits innerhalb des Schleimes nahe der Grenze desselben mit dem Wasser beginnt, was darauf schliessen lässt, dass die Dichtigkeit des

1) Pringsheim's Jahrb. 1863. p. 522, 523.
2) l. c. p. 402 ff.
3) vgl. auch Strassburger l. c. p. 403 und 404.

Schleimes nach innen hin zunimmt. Dasselbe muss auch stattfinden, wenn die Spermatozoiden in die mit Zellsaft und Plasma angefüllte Centralzelle eintreten, und so erklärt es sich, dass, wie schon Strassburger beobachtete[1]), dieselben dort angelangt ihre alte Gestalt und Bewegung wieder annehmen. Uebrigens kann man bei den im Schleime befindlichen Samenfäden die Schwingungen der Cilien wegen der Langsamkeit, mit welcher dieselben hier erfolgen, sehr bequem beobachten; man sieht bei dieser Gelegenheit, dass diese Bewegung eine vollkommen peitschenartige ist. —

Die Prothallien von Cyathea medullaris erzeugten durchweg eine so grosse Menge von Spermatozoiden, dass fast über jedem vor Kurzem geöffneten Archegonium die von Strassburger beschriebene Anhäufung derselben zu sehen war[2]) (Taf. X, Fig. 1). So beobachtete ich mitunter bei einem und demselben Prothallium diese Erscheinung gleichzeitig an fünf Archegonien. Unter solchen Umständen ist es nicht auffallend, wenn noch vor der in Folge der Befruchtung eintretenden Schliessung des Halskanales mehr Spermatozoiden als gewöhnlich in die Centralzelle eintreten. So beobachtete ich in der letzteren einmal an einem soeben befruchteten Archegonium deren nicht weniger als neun (Taf. X, Fig. 1).

Mit der Zeit gerinnt nun der Schleim, und ein Spermatozoid, welches ihm jetzt zunahe kommt, findet sicher den Tod; denn nachdem es sich nur eine kleine Strecke unter Verlängerung seines Körpers hineingearbeitet hat, wird seine Bewegung völlig gehemmt, und nur die Wimpern sieht man noch langsam und in Pausen zucken. Später schrumpft dann der Schleim zusammen und nimmt dabei die für die abgestorbene Cellulosemembran charakteristische braune Färbung an. Zugleich bräunen sich die Innenwände des Halses von unten aufsteigend; bei unbefruchtet gebliebenen Archegonien ist dies darauf auch mit der Centralzelle der Fall.

Nach der Befruchtung schliesst sich, wie bekannt, der Halskanal des Archegoniums. Dies wird dadurch bewirkt, dass die untersten Zellen des Halses sich seltener völlig, in der Regel beinahe bis zur Berührung nähern; der in letzterem Falle übrig bleibende Zwischenraum wird durch den bis in die Centralzelle hinabreichenden Schleim vollends geschlossen (Taf. X, Fig. 1, 2, 3 etc.).

---

1) ibid. p. 403.

2) In Präparaten von einem solchen Spermatozoidenstrauss in dem Schleim über der Mündung des Archegoniums erhalten sich die Spermatozoiden mit ihren Wimpern sehr lange Zeit vollkommen unverändert.

Der Umstand, dass die Schliessung des Halskanals nur bei befruchteten Archegonien eintritt, beweist, dass dieser Vorgang nicht bloss die Folge einer einfachen mechanischen Dehnung ist, sondern dass es sich hier vielmehr um eine lediglich durch die Befruchtung hervorgerufene Wachsthumserscheinung handelt. Diese hängt mit einem anderen, ebenfalls auf die Befruchtung folgenden Vorgang innig zusammen, nämlich damit, dass überhaupt in sämmtlichen Nachbarzellen der Centralzelle sich ein sehr starkes Wachsthum bemerklich macht, welches mit wiederholten, in Bezug auf den Mittelpunkt der Centralzelle radialen und tangentialen Theilungen verbunden ist. Eine Folge der bei diesem Vorgange stattfindenden Ausdehnung muss naturgemäss die Verengung des Halskanals sein. Dabei füllen sich die in der Theilung begriffenen Zellen, wie es in der Regel mit Meristemzellen der Fall ist, durchweg dicht mit Plasma an, während ihr Zellkern sich beträchtlich vergrössert (Taf. IX, Fig. 20; Taf. X, Fig. 6). Nun findet man aber auch häufig den Halskanal bei solchen Archegonien geschlossen, deren Centralzelle bereits gebräunt ist, die also nicht befruchtet zu sein scheinen. Diese Erscheinung hat ihren Grund in der Thatsache, dass die Wirkung der Befruchtung in der grossen Mehrzahl der Fälle sich nicht bis auf eine Theilung der Befruchtungskugel ausdehnt. Bei Prothallien, welche viele Spermatozoiden erzeugen, dringen in der Regel in jedes soeben aufgebrochene Archegonium einige ein, und kurz darauf schliesst sich auch der Halskanal; aber dessen ungeachtet findet man nur selten mehr als einen getheilten Embryo an einem und demselben Prothallium vor[1]); bei allen anderen Archegonien geht die Befruchtungskugel ohne sich getheilt zu haben, zu Grunde, und in Folge dessen bräunen sich die Innenwände der Centralzelle. Zu bemerken ist dabei, dass in diesen Fällen auch die erwähnten Theilungen in den rings an die Centralzelle stossenden Zellen des Prothalliums meist gänzlich unterbleiben, und dass nur das die Theilungen einleitende Wachsthum eintritt, welches sich in der Schliessung des Halskanals äussert.

Bald nachdem der Halskanal sich geschlossen hat, umgiebt die Befruchtungskugel sich mit einer Membran und wächst, bis sie

1) Ich fand bei Cyathea medullaris in zwei Fällen bei einem und demselben Prothallium zwei vielfach getheilte Embryonen vor. Hofmeister giebt in seinen Vergleichenden Untersuchungen (p. 81) an, nie derartige Fälle gesehen zu haben; dagegen erwähnt Mercklin einen solchen bei Ceratopteris thalictroides.

die Centralzelle ganz ausfüllt (Taf. IX, Fig. 18; Taf. X, Fig. 2, 3, 4). Der Zellkern behält anfänglich noch seine Gestalt bei (Taf. IX, Fig. 18; Taf. X, Fig. 1); namentlich fand ich Zustände wie den in Taf. IX, Fig. 18 dargestellten nicht selten bei den von mir untersuchten Cyatheaceen und Polypodiaceen vor. Zu derselben Zeit bemerkte ich in der Centralzelle häufig Vacuolen von sehr verschiedener Grösse (Taf. IX, Fig 17). Oftmals vergrössert sich nun der Zellkern ausserordentlich, sodass er zuweilen die Centralzelle fast ganz ausfüllt; die Gestalt, welche er in diesem Zustande zeigt, ist wie zuvor eine rundliche oder eine annähernd ellipsoidische (Taf. IX, Fig. 20; Taf. X, Fig. 2, 3, 4). Dabei ist er meist so hell, dass man Anfangs geneigt ist, ihn für eine Vacuole zu halten, und dass erst bei genauer Betrachtung mit einem starken Objektiv die körnige Struktur desselben offenbar wird. In der Regel zeigt er einen Nucleolus, der freilich nicht immer sehr deutlich ist; seltener ist ein solcher nicht zu bemerken, wie in dem in Taf. IX, Fig. 20 dargestellten, einem Prothallium von Alsophila australis angehörigen Archegonium. Es hatte hier schon eine bedeutende Vergrösserung der Centralzelle stattgefunden und dem entsprechend hatten die peripherischen Zellen sich bereits vielfach getheilt. Ich fand bei Alsophila australis noch mehrmals einen eben solchen Fall vor, so dass es scheint, als sei dies eigenthümliche Verhalten hier als Regel zu betrachten. Dass die befruchtete Eizelle sich sichtlich vergrössert, bevor die erste Theilung in ihr eintritt, habe ich auch bei den andern, von mir untersuchten Farnen gefunden.

Ausser den soeben besprochenen Fällen begegnete ich zuweilen anderen, wo in dem Plasma der befruchteten Centralzelle eigenthümliche Sonderungen bemerkbar waren. So waren in der in Taf. IX, Fig. 21 dargestellten Centralzelle zwei anscheinend hyaline, bei starker Vergrösserung und bei Anwendung geeigneter Reagentien sich als feinkörniges Protoplasma erweisende Parthieen von unregelmässiger Form und sehr verschiedener Grösse vorhanden. Dass in diesen Fällen von einer Vergrösserung der Centralzelle und der damit verbundenen Theilung der Nachbarzellen derselben nichts zu bemerken war, ist von Wichtigkeit. Denn wie schon zuvor erwähnt, erstreckt sich bei der grossen Mehrzahl der Archegonien die Wirkung der Befruchtung nicht bis auf die Theilungen in der Centralzelle und den Nachbarzellen derselben, sondern die Befruchtungskugel geht ehe sie sich getheilt hat, zu

Grunde. Die erwähnten Sonderungen im Plasma finden daher höchst wahrscheinlich nicht bei einer sich zum normalem Embryo ausbildenden Eizelle statt, sondern vielmehr nur bei einer solchen, welche nicht theilungsfähig ist. Ebenso verhält es sich jedenfalls oft mit der auffallenden Vergrösserung des Zellkerns und der Vacuolenbildung in der geschlossenen, aber sonst unveränderten Centralzelle.

Bevor nun die erste Wand in der befruchteten Eizelle eintritt, verschwindet sowohl bei den Cyatheaceen als auch bei den Polypodiaceen der Zellkern in ihr, und sie zeigt sich nun mit sehr hellem, sich bei starker Vergrösserung als schaumig erweisendem Protoplasma angefüllt.

Die besprochenen Vorgänge in der Centralzelle nach der Befruchtung, nämlich das eigenthümliche Verhalten des Zellkerns, die Bildung von Vacuolen und vor Allem die Sonderungen im Plasma sind oft sehr geeignet, um die Vorstellung zu erwecken, als sei hier eine Keimzelle vorhanden, welche, nachdem sie befruchtet ist, zunächst auf Kosten des übrigen Plasmas der Centralzelle zum Embryo auswächst — eine Ansicht, welche bekanntlich Hofmeister in seinen „Vergleichenden Untersuchungen" zuerst ausgesprochen und bis heute immer noch aufrecht erhalten hat. Scheinbar bestätigt wurde mir diese Auffassung noch dadurch, dass in einem Falle bei Cyathea medullaris in der That ein zwar auffallend kleiner, aber doch bereits mehrfach getheilter Embryo zu sehen war, welcher die Höhlung der Centralzelle bei Weitem nicht ausfüllte, und neben welchem noch Plasma vorhanden war (Taf. IX, Fig. 14). Hofmeister führt in seinen „Beiträgen zur Kenntniss der Gefässkryptogamen"[1]) mehrere ähnliche, u. A. bei Pteris aquilina und Aspidium filix mas beobachtete Fälle an. Er bemerkt über diesen Punkt wie folgt:

„Der Embryo, wahrscheinlich in Folge schwächlicher Befruchtung sich langsam entwickelnd, füllt die zur weiten Höhle erweiterte Centralzelle des Archegoniums nur zum kleinen Theile aus." Wie Fig. 14 in Taf. IX zeigt, hatte in dem von mir beobachteten Falle die Centralzelle sich noch nicht sichtlich vergrössert. Jener berühmte Forscher hat nun entschieden Recht, wenn er derartige Fälle als Anomalien betrachtet; aber dass auch sonst immer nur ein Theil des Plasmas der Centralzelle als Keimbläschen befruchtet

1) p. 615 (1857).

wird und sich zum Embryo ausbildet, dies muss ich nach meinen Untersuchungen übereinstimmend mit Pringsheim, Strassburger, Janczewski und Kny entschieden in Abrede stellen. Was zunächst das Dasein des Keimbläschens vor der Befruchtung anbelangt, so ist es nach den Zeichnungen Hofmeister's[1]) wie ich glaube unzweifelhaft, dass er die Bauchkanalzelle für das besagte Bläschen angesehen hat[2]). Zur Zeit der Reife zieht sich nun stets das gesammte Plasma der Centralzelle zur Befruchtungskugel zusammen. Dies spricht schon an und für sich gegen die Hofmeister'sche Auffassung; dass aber der in der Mitte der Befruchtungskugel befindliche, meist sphärische Zellkern nicht als Keimzelle angesehen werden kann, dafür liefert der Umstand den Beweis, dass auch bei der genauesten Prüfung sich nie ausserdem noch ein Gebilde, welches man für einen Zellkern halten könnte, in derselben bemerken liess. Ebenso war es auch bei den befruchteten Archegonien, abgesehen vielleicht von anomalen Sonderungem im Plasma, wie sie z. B. Taf. IX, Fig. 21 zeigt. Es ist aber klar, dass die Hypothese der Keimzelle nur dann berechtigt sein könnte, wenn ausser einer solchen noch ein Zellkern in der Centralzelle nachgewiesen wäre; oder die Keimzelle müsste sich mit einer Membran umgeben, bevor sie die Centralzelle ganz ausfüllte; dies ist aber selbst nach Hofmeister nicht der Fall.

Zu erwähnen ist noch, dass Dippel, welcher die Vergrösserung des Zellkerns in der Centralzelle des Archegoniums bei Moosen und Farnkräutern vor der Befruchtung beobachtete, diese Erscheinung als die Bildung der Keimzelle auffasst[3]). Er bemerkt dabei: „In dem am Bauchtheile etwas angeschwollenen Archegonium (bei Marchantia polymorpha) findet man die Centralzelle bald mit einem kleineren Zellkerne, bald ohne einen solchen, bald mit einem grösseren, in Form eines helleren Bläschens erscheinenden Zellenkerne, welcher sich nach dem Untergange des helleren, kleineren der Centralzelle frei in und aus deren Inhalt gebildet hat. — — Während nun die Mutterzelle sich noch immer vergrössert und den Bauchtheil des Archegoniums ausdehnt, wächst auch die Keimzelle, die nur von der ursprünglichen Membran (dem Primordialschlauch) umkleidet ist, ziemlich rasch an, so dass sie nach und nach einen

1) Ibid. Taf. X, Fig. 2, 3. —

2) Bei Salvinia hat Hofmeister, wie Pringsheim l. c. gezeigt hat, die primäre Kanalzelle für das Embryobläschen angesehen.

3) Das Mikroskop. Theil II. Braunschweig 1869 p. 45.

immer grösseren Theil der Mutterzelle einnimmt und diese endlich ganz ausfüllt, während ihr Inhalt vollständig von der ersteren verbraucht wird. — — Tritt die Befruchtung ein, so umkleidet sich die Keimzelle, während in deren Inhalt die Bildung grösserer Vacuolen und die Entstehung feiner zwischen dem Kerne und dem protoplasmatischen Wandbelege verlaufender Binnenströmchen stattfindet, mit einer doppelt umschriebenen Zellstoffhülle." Für diese höchst eigenthümliche Vorstellung habe ich bei den von mir untersuchten Farnen nicht den mindesten Beweis gefunden.

Ich bemerke an dieser Stelle, dass ich die obigen Untersuchungen hauptsächlich an frischen, sogleich in Kampherwasser gelegten Schnitten vornahm, da reines Wasser das Plasma sehr schnell zerstört, während eine wässrige Kampherlösung dasselbe etwas länger intakt erhält. Um die Archegonien durchsichtig zu machen, erwies sich mir die Behandlung mit Alkohol und Kalilauge, darauf mit Ammoniak und Weinsteinsäure als sehr vortheilhaft.

Es lag nicht im Plane dieser Arbeit, die Entwicklungsgeschichte des Embryos zu verfolgen. Dagegen machte ich den Verlauf der ersten Wände in der befruchteten Eizelle zum Gegenstand der Untersuchung, da, wie Hofmeister gezeigt hat, der Embryo bereits durch die ersten Theilungen in die Anlagen der wesentlichen Organe der Keimpflanze zerfällt. Ich bekam nun bei Cyathea medullaris und Pteris aquilina auf Schnitten durch das Zellenpolster des Prothalliums eine Anzahl ganz junger Embryonen, welche nach Behandlung mit Kalilauge den Verlauf der ersten Wände schön zeigten. Aus den Angaben Hofmeister's[1]) und Kny's[2]) über diesen Punkt geht hervor, dass bei verschiedenen Polypodiaceen, u. A. auch bei Ceratopteris thalictroides der Embryo zuerst immer in vier nach Art von Kugelquadranten gelegene Zellen zerfällt, dass aber die Lage der ersten Wände in Bezug auf die Ebene des Prothalliums im Embryo von Ceratopteris eine andere ist, wie bei den von Hofmeister untersuchten Polypodiaceen; während nämlich dort die vier Quadrantenzellen in einer mit der Fläche des Prothalliums parallelen Ebene liegen, liegen dieselben bei Pteris und Aspidium in einer zur Fläche des Prothalliums senkrechten Ebene. Bei Cyathea medullaris fand ich nun in mehreren Fällen

1) Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen. 1857.

2) Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin. Vom 21. April 1874; p. 27.

die vier ersten Zellen des Embryos nach Art der Ecken eines Tetraënders angeordnet. Taf. X, Fig. 7 und 9 stellen Schnitte durch das Polster des Prothalliums dieses Farns senkrecht zur Fläche und parallel zur Achse des Vorkeimes dar. Bei oberer Einstellung des Mikroskops sah ich nur die durch ausgezogene Linien dargestellten Wände; gegen die Mitte hin wurden diese plötzlich undeutlich und in demselben Augenblick waren auch schon die durch die gestrichelten Linien dargestellten Wände scharf zu sehen. Daraus folgt, dass die erste Wand im Embryo parallel zu der Ebene des Schnittes, d. h. parallel zur Achse und senkrecht zur Fläche des Prothalliums liegen muss. In jeder der beiden durch diese erste Wand abgeschiedenen Tochterzellen war darauf eine, auf der ersten senkrechte Wand eingetreten ($\alpha\alpha$ und $\beta\beta$); diese beiden Membranen verliefen wieder senkrecht gegen einander. Auf sie folgten dann noch andere, ebenfalls auf der ersten Wand des Embryos senkrechte Wände (γ und δ). Auch bei dem oben erwähnten, monströsen Embryo (Taf. IX, Fig. 14) waren die vier vorhandenen Zellen in der beschriebenen Weise angeordnet. Ich füge übrigens hinzu, dass ich andere Fälle bei derselben Species antraf, bei denen die ersten Zellen nach Art von Kugelquadranten gelegen zu sein schienen. Spätere Untersuchungen müssen zeigen, inwieweit die Farne in diesem Punkte sich constant verhalten. Es ist dazu die Untersuchung einer grösseren Anzahl jüngster Zustände bei einer und derselben Species nothwendig. Bei Pteris aquilina fand ich die erste Wand im Allgemeinen übereinstimmend mit den Angaben Hofmeister's verlaufend, nämlich senkrecht zur Achse des Prothalliums und dabei dem Scheitel desselben mit ihrem unteren Ende zugeneigt (Taf. X, Fig. 6).

Die Archegonien tragenden Prothallien wachsen an ihrem Scheitel solange weiter, bis sie entweder eine junge Pflanze erzeugen oder bis sie durch äussere Einflüsse zu Grunde gehen. Dabei werden an dem vorderen Abhange des Polsters an der Unterseite der Vorkeime immer von Neuem Archegonien gebildet. Die unbefruchtet gebliebenen Archegonien rücken auf diese Weise immer weiter nach hinten und verändern dabei ihre Gestalt in gewisser Hinsicht, sodass es den Anschein gewinnt, als seien sie von vornherein anders gebaut als die am Scheitel befindlichen (Taf. IX, Fig. 19). Da nämlich die Zellen des Polsters sich um so mehr strecken, je weiter sie sich von dem Scheitel des Prothalliums entfernen, die abgestorbene und gebräunte Centralzelle aber einer

weiteren Dehnung nicht mehr fähig ist, so werden die Zellen der regelmässig vor dem Aufbrechen gebildeten Bauchhülle ausserordentlich stark in die Länge ausgedehnt, während die Centralzelle ihre ursprüngliche Grösse beibehält, und es sieht nun so aus, als ob das Archegonium überhaupt keine Bauchhülle gehabt hätte. Ferner theilen sich die am Scheitel des Prothalliums neu erzeugten Zellen so oft durch zur Oberfläche des Prothalliums parallele Wände, bis sie die Höhe des Polsters hinten erreicht haben, und auf diese Weise wird das ursprünglich auf einem schiefen Abhang befindliche Archegonium auf eine nahezu wagerechte Fläche gehoben. Die von Anfang an vorhandene Krümmung des Archegoniumhalses nach hinten zu muss dadurch offenbar noch verstärkt werden; so dass also auch in dieser Hinsicht die hinteren Archegonien sich von den am Scheitel befindlichen unterscheiden. Dies zeigte sich in einem besonders auffallenden Grade bei den Prothallien von Hemitelia spectabilis. Endlich treten dadurch, dass die Zellen des Polsters sich strecken und sich nachträglich durch zur Oberfläche desselben senkrechte Wände theilen, die am Scheitel dicht gedrängten Archegonien später weit auseinander, wobei zwischen ihnen eine reichliche Entwicklung von Haarwurzeln stattfindet.

Die Prothallien entwickelten bei meinen Culturen namentlich bei Cyathea medullaris, sehr reichlich junge Pflanzen, so dass ich von ihnen durchaus nicht dasselbe sagen kann, wie Hofmeister[1]) von seinen Culturen, dass es nämlich kaum ein Zehntel der Archegonien tragenden Vorkeime bis zu der Entwicklung einer Wedel tragenden Pflanze bringt; bei Cyathea medullaris z. B. erzeugte etwa die Hälfte der normal entwickelten Prothallien Keimpflänzchen. Wie derselbe Forscher richtig bemerkt,[2]) sterben die unbefruchtet gebliebenen Vorkeime durchaus nicht ab, sondern entwickeln sich noch lange Zeit fort, wenn sie die für ihre Existenz nöthigen Bedingungen finden. Die Vermuthung, welche Hofmeister an derselben Stelle ausspricht, dass der Grund hierfür in dem Umstande liegt, dass jetzt nicht mehr neue Antheridien auf dem hinteren Theile desselben Prothalliums entstehen, hat sich durch meine Untersuchungen als richtig bestätigt. Zunächst spricht schon dafür der Umstand, dass an Monate lang wuchernden Prothallien

1) Vergleichende Untersuchungen p. 87.
2) l. c. p. 83.

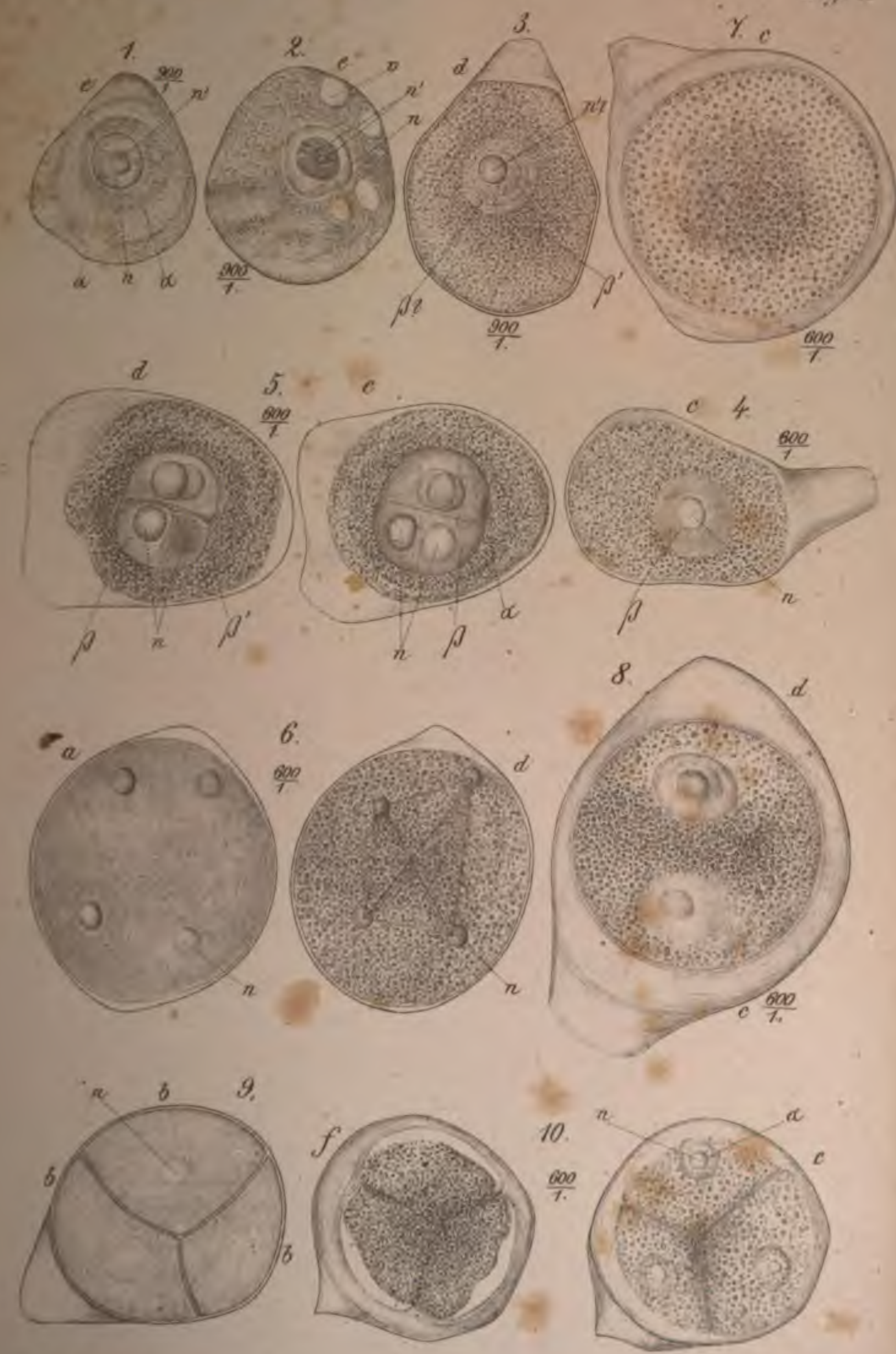
immer noch Archegonien am Scheitel entstehen, die sich in nichts von den ersten unterscheiden. Um aber diese Frage sicher zu entscheiden, brachte ich fünf alte, wuchernde Vorkeime von Pteris aquilina mit jungen, reichlich Antheridien tragenden Vorkeimen zusammen und hielt das Ganze in angemessener Feuchtigkeit. Die Folge davon war, dass schon nach wenigen Wochen aus vier von jenen Prothallien sich der Wedel einer jungen Pflanze erhob.

Die wuchernden Prothallien nehmen mit der Zeit entweder eine kreisrunde Gestalt an, wie schon Hofmeister erwähnt[1]), oder aber es findet das Wachsthum später bei ihnen hauptsächlich am Scheitel statt, so dass dieser mit der Zeit über die beiden Lappen hervorragt (Taf. X, Fig. 12). Uebrigens scheint doch mit der Zeit trotz kräftigen Wachsthums das Prothallium die Fähigkeit zu verlieren, eine junge Farnpflanze zu erzeugen. Während nämlich in der ersten Zeit abnorme Archegonien am Scheitel des Prothalliums eine Seltenheit sind, nimmt die Anzahl derselben mit der Zeit immer mehr zu. Bei den von mir untersuchten alten Vorkeimen wurden normale Archegonien allerdings immer noch in der Ueberzahl gebildet, aber schon Hofmeister bemerkt[2]), dass später nur noch abnorme gebildet werden. Die Gestalt der letzteren werde ich in dem Kapitel über Anomalieen berühren.

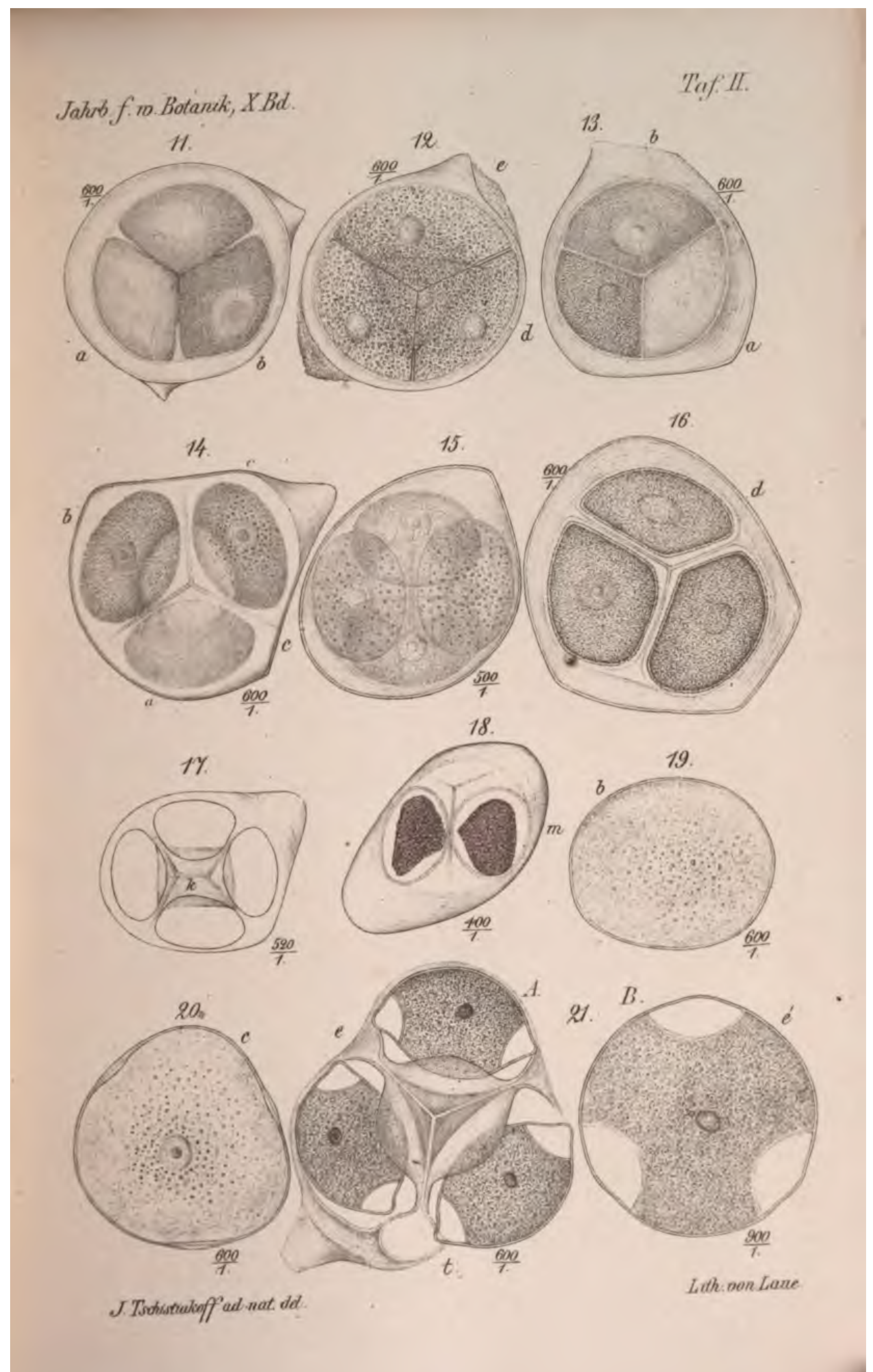
Wie bei den Polypodiaceen, so werden auch bei den Cyatheaceen auf der Oberseite des Zellenpolsters Archegonien erzeugt; nur bemerkte ich diese Erscheinung bei der letztgenannten Familie weit häufiger als es sowohl nach den Angaben der früheren Beobachter als auch nach meinen eigenen Untersuchungen bei den Polypodiaceen der Fall ist. Dass die Archegonien sich nur bei aufrecht wachsenden Prothallien auf der Oberseite vorfinden, wie Hofmeister angiebt[3]), habe ich bei den von mir untersuchten Arten nicht gefunden. Dass die Archegonien auf der Oberseite der Prothallien befruchtungsfähig sind, halte ich wohl für möglich, da dieselben in ihrem Bau von der Norm gewöhnlich nicht abweichen; dass man noch nie aus ihnen eine Pflanze hervorgehen sah, erklärt sich sehr einfach daraus, dass dieselben für die Spermatozoiden gewöhnlich nicht erreichbar sind. Die von alten, wuchernden Prothallien auf der Oberseite des Zellpolsters am Scheitel gebildeten Archegonien sind dagegen stets abnorm gebaut.

---

1) l. c. p. 83.
2) l. c. p. 84.
3) Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptog. 1857, p. 624.

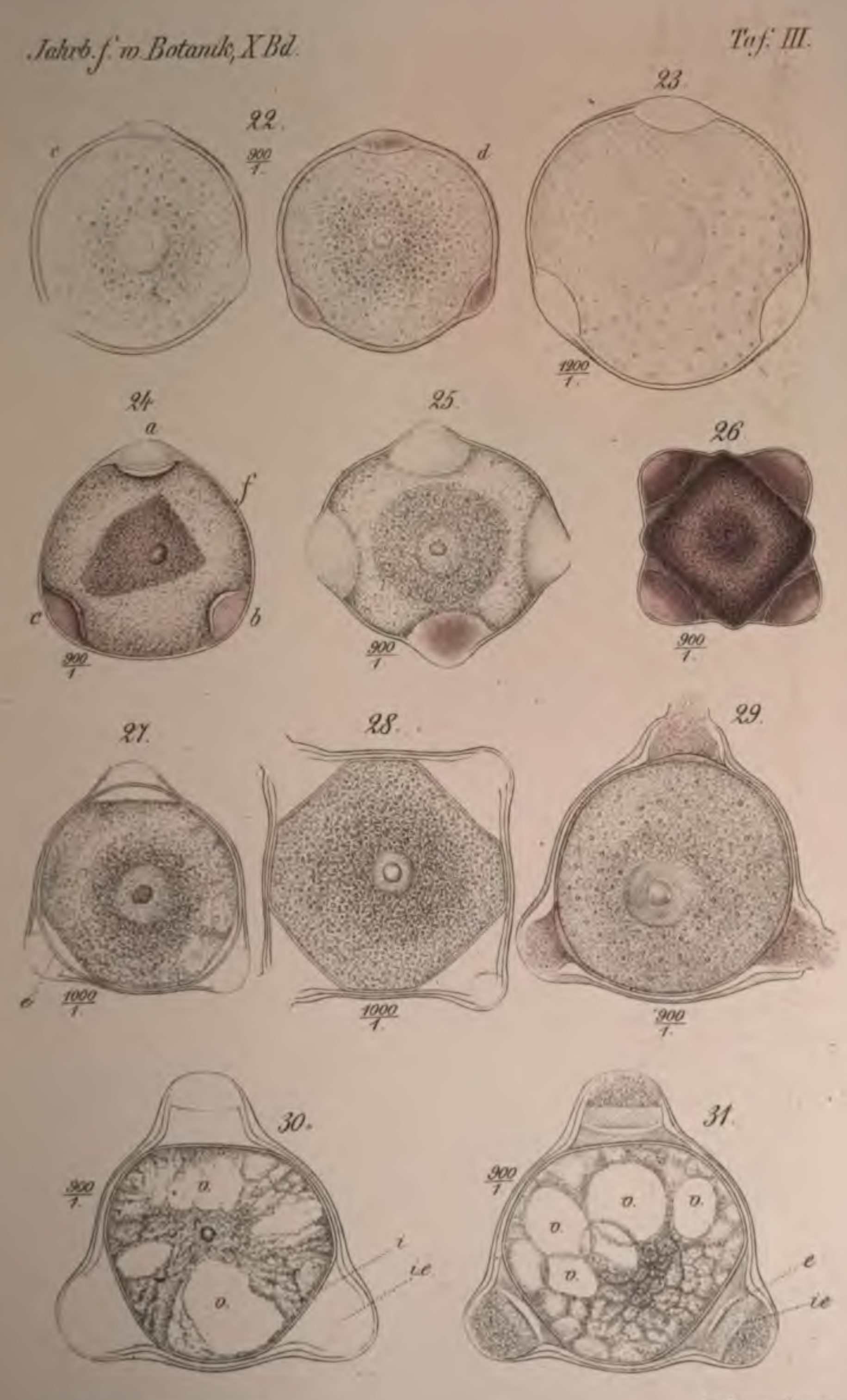


J. Tschistiakoff ad nat. del. Lith. von Laue.

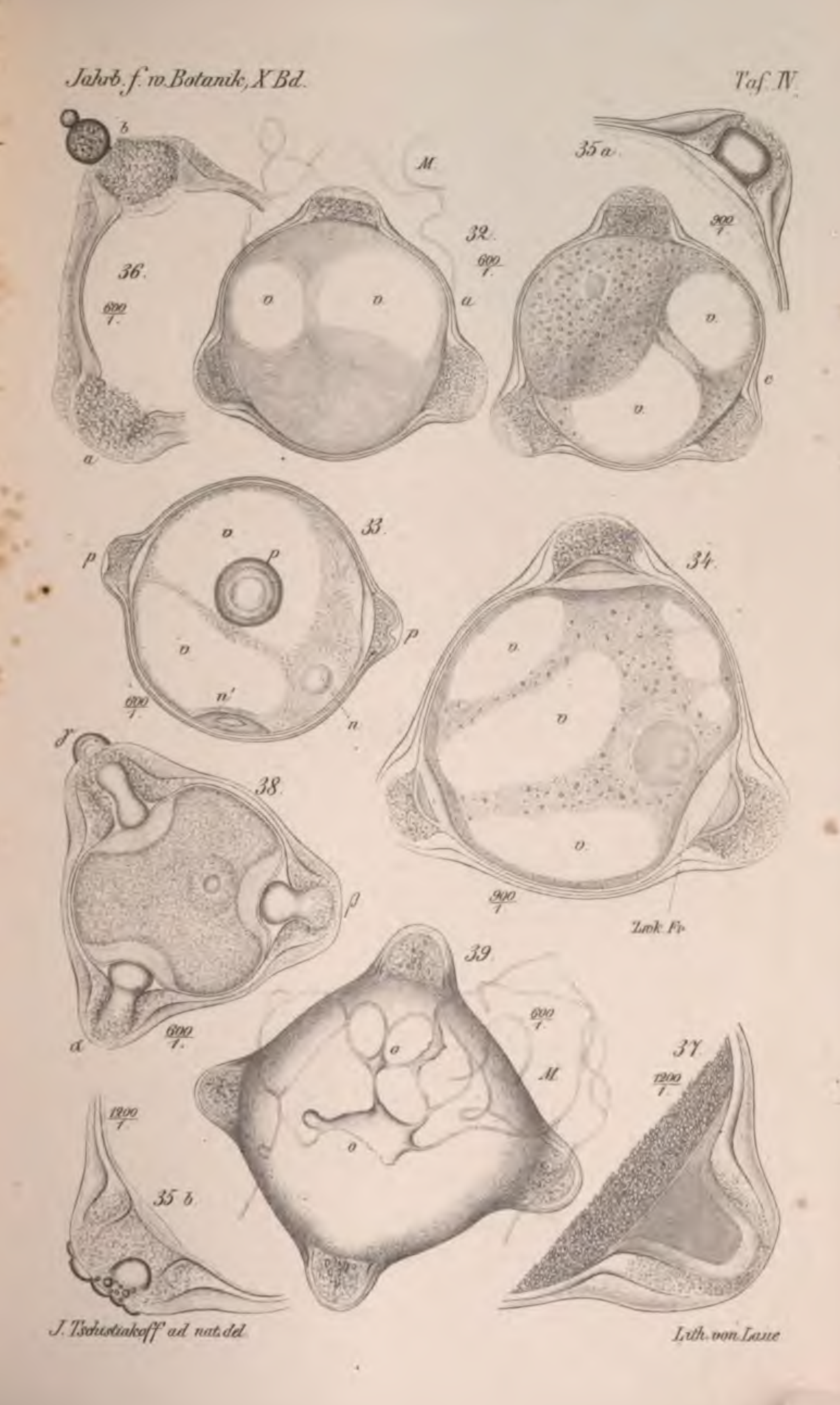


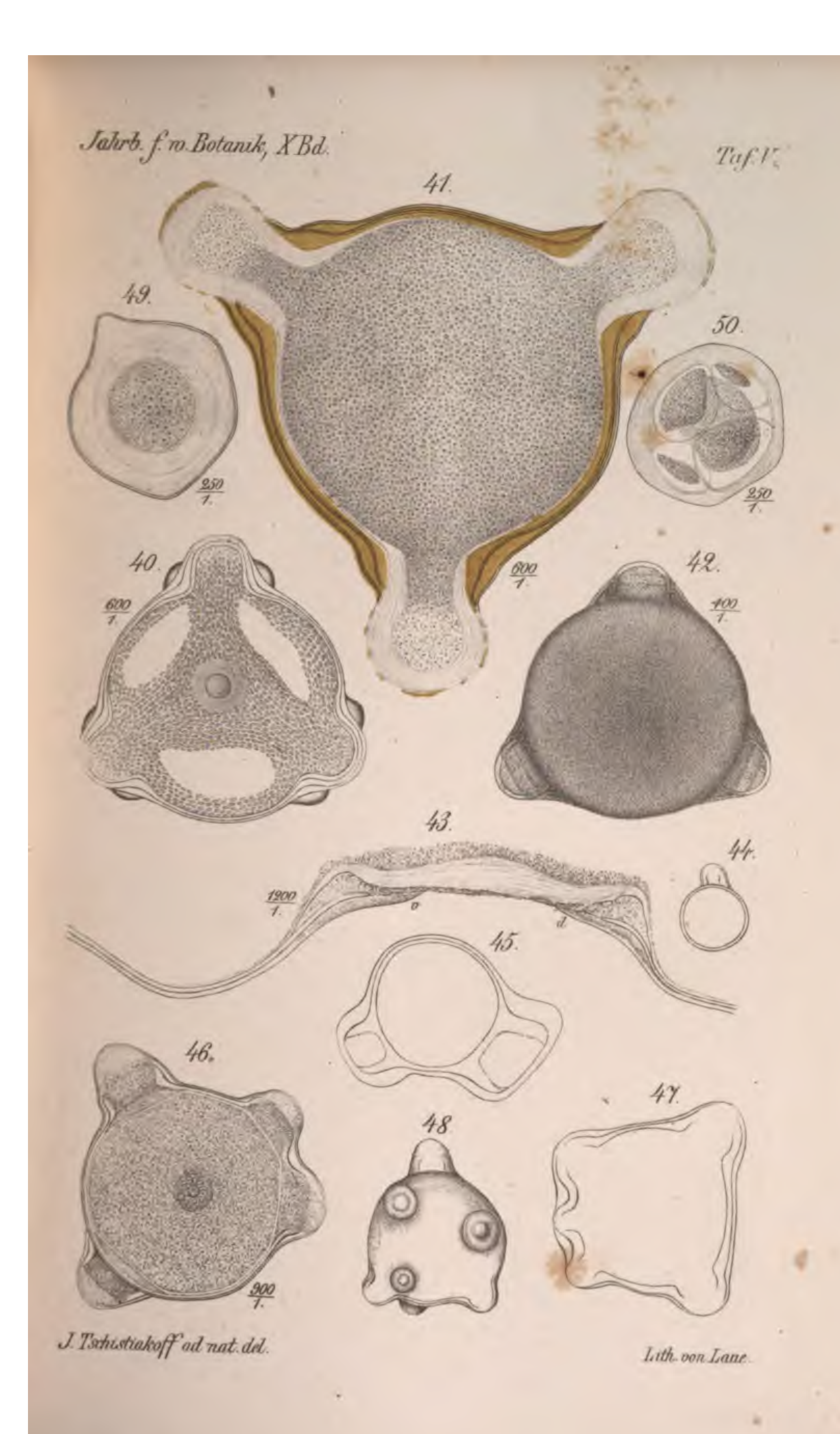
J. Tschistiakoff ad nat. del.

Lith. von Laue



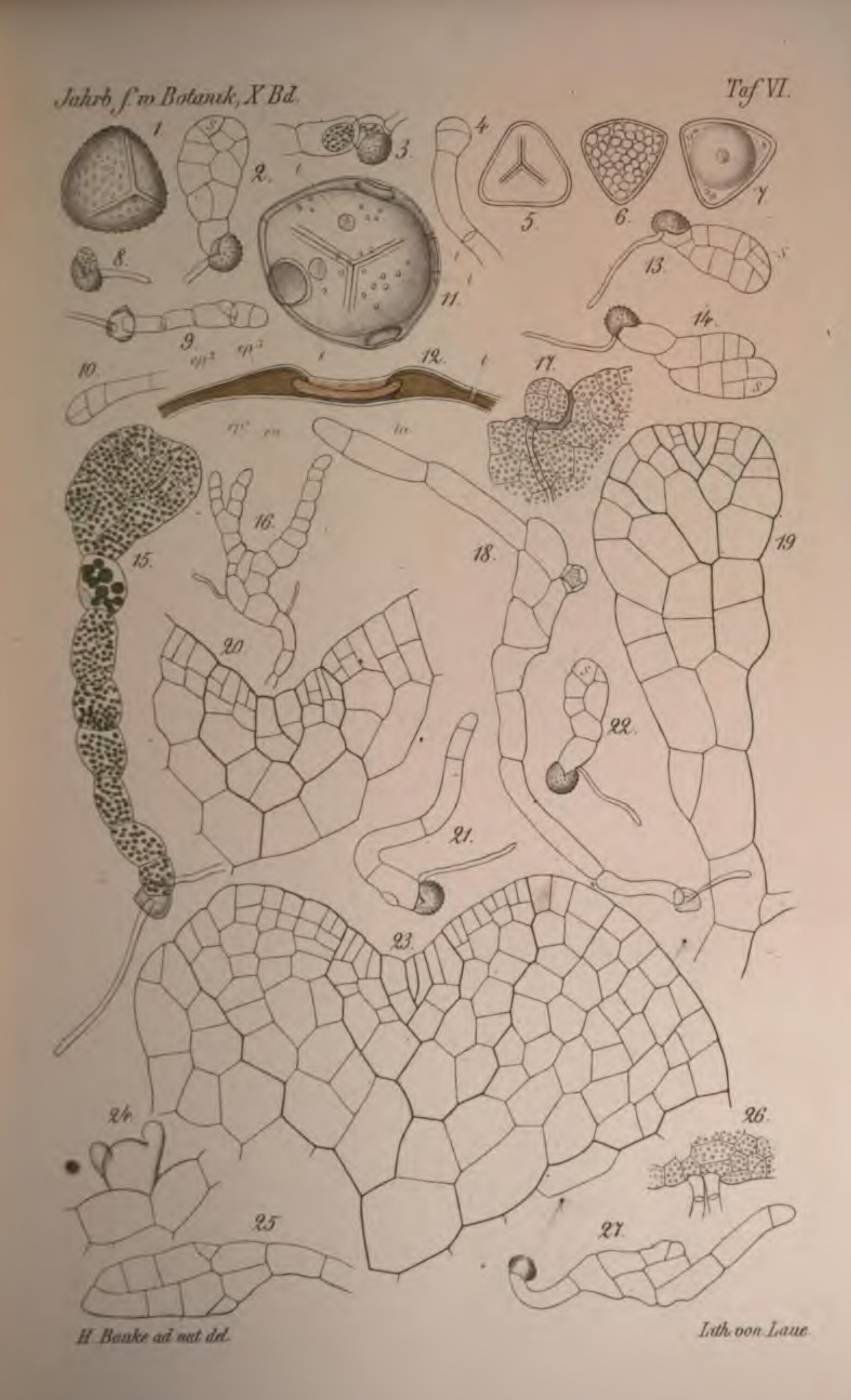
J. Tschistiakoff ad nat. del. Lith von Laue.


Jahrb. f. w. Botanik, X Bd.
Taf. IV.
36.
32.
35 a.
33.
34.
38.
39.
37.
35 b.
J. Tschistiakoff ad nat. del.
Lith. von Laue



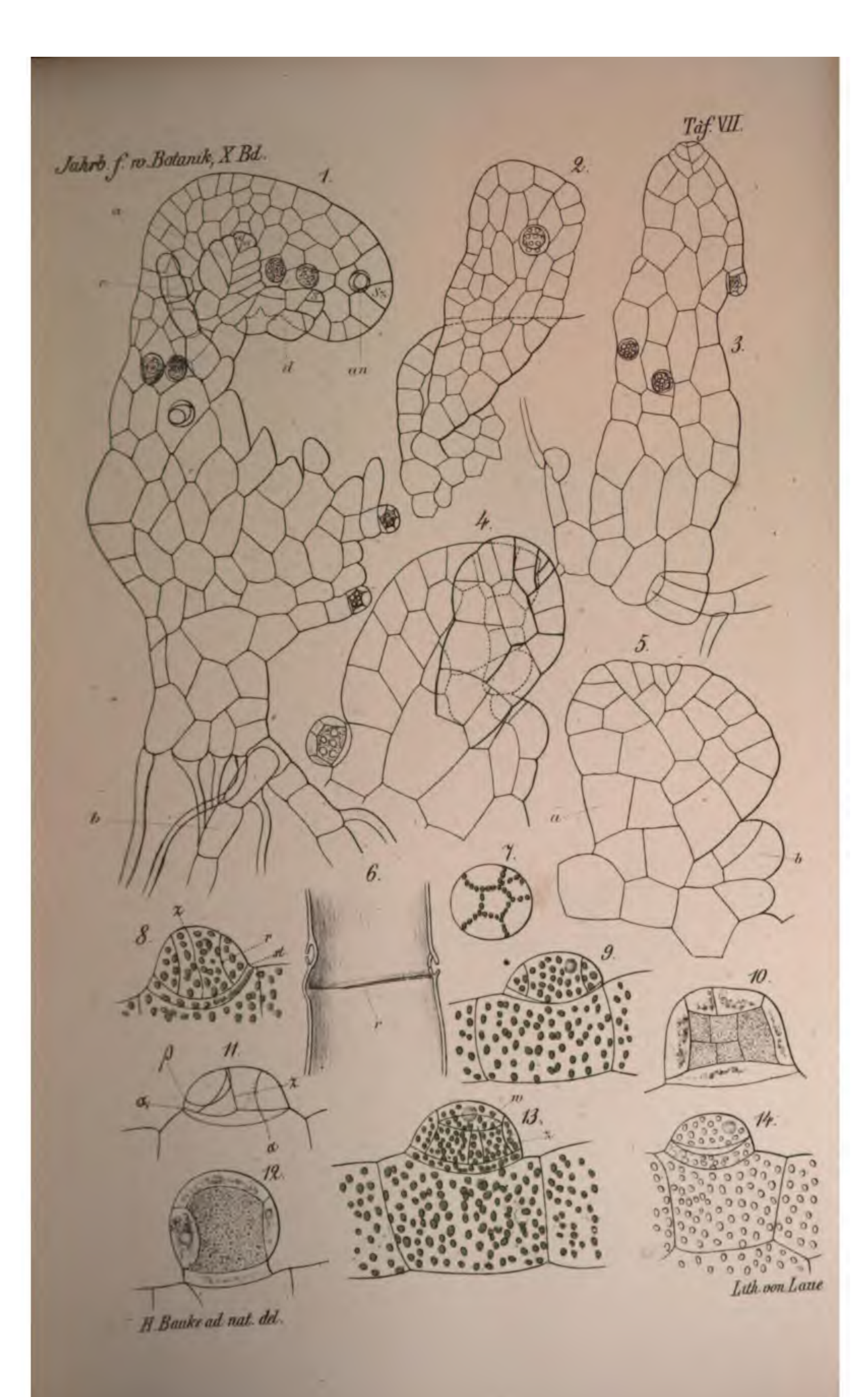
J. Tschistiakoff ad nat. del.

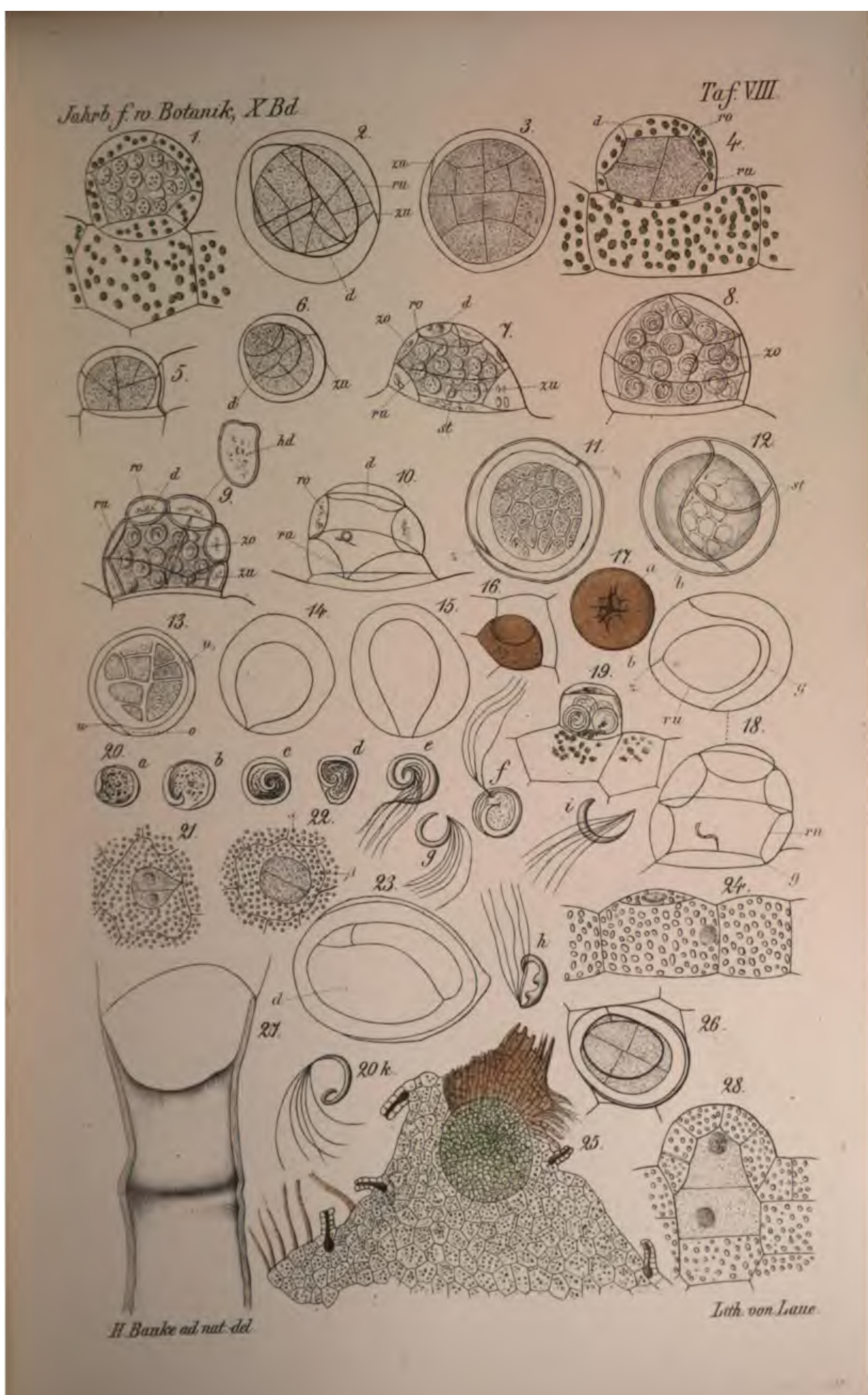
Lith. von Laue.



H. Bauke ad nat. del.

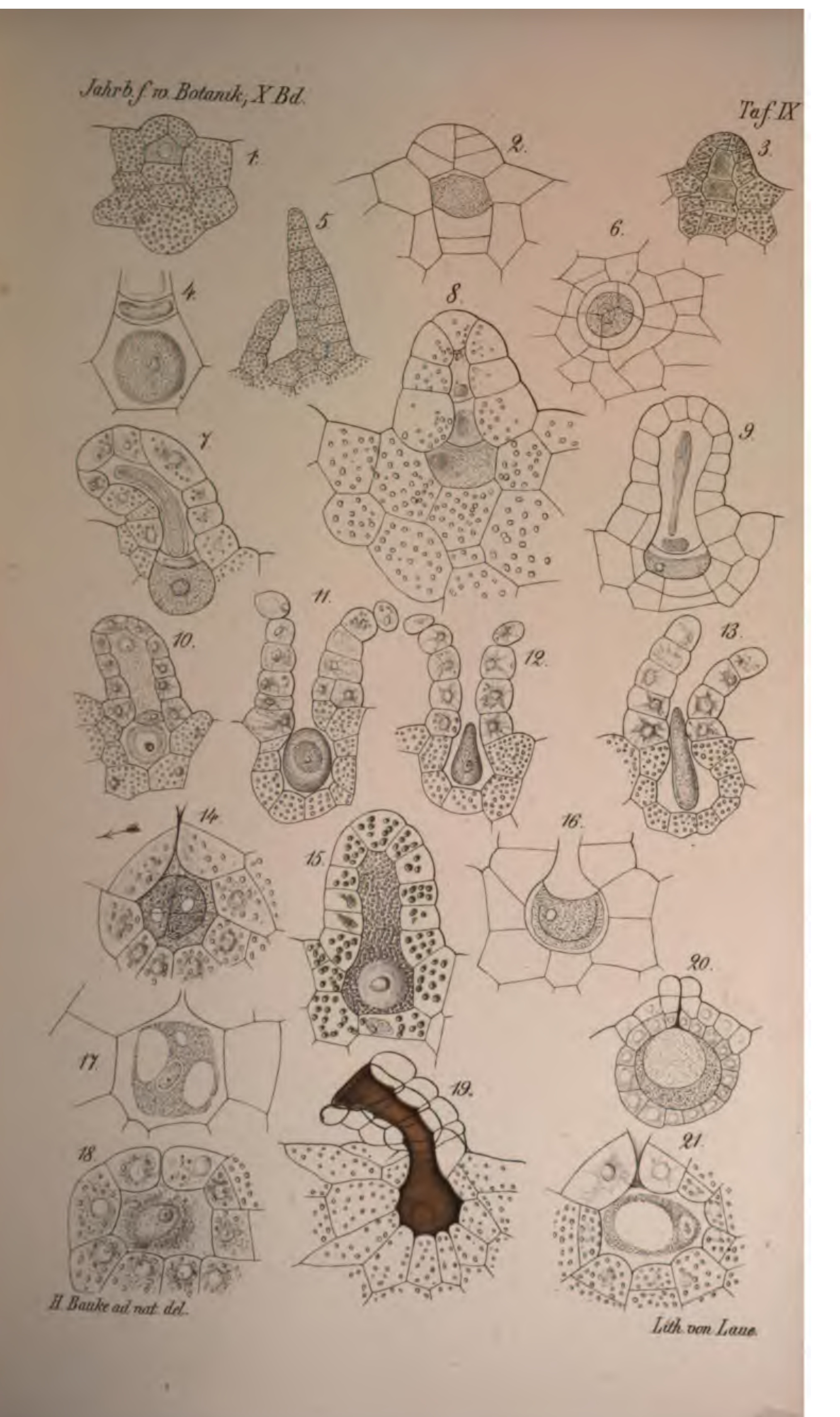
Lith. von Laue.

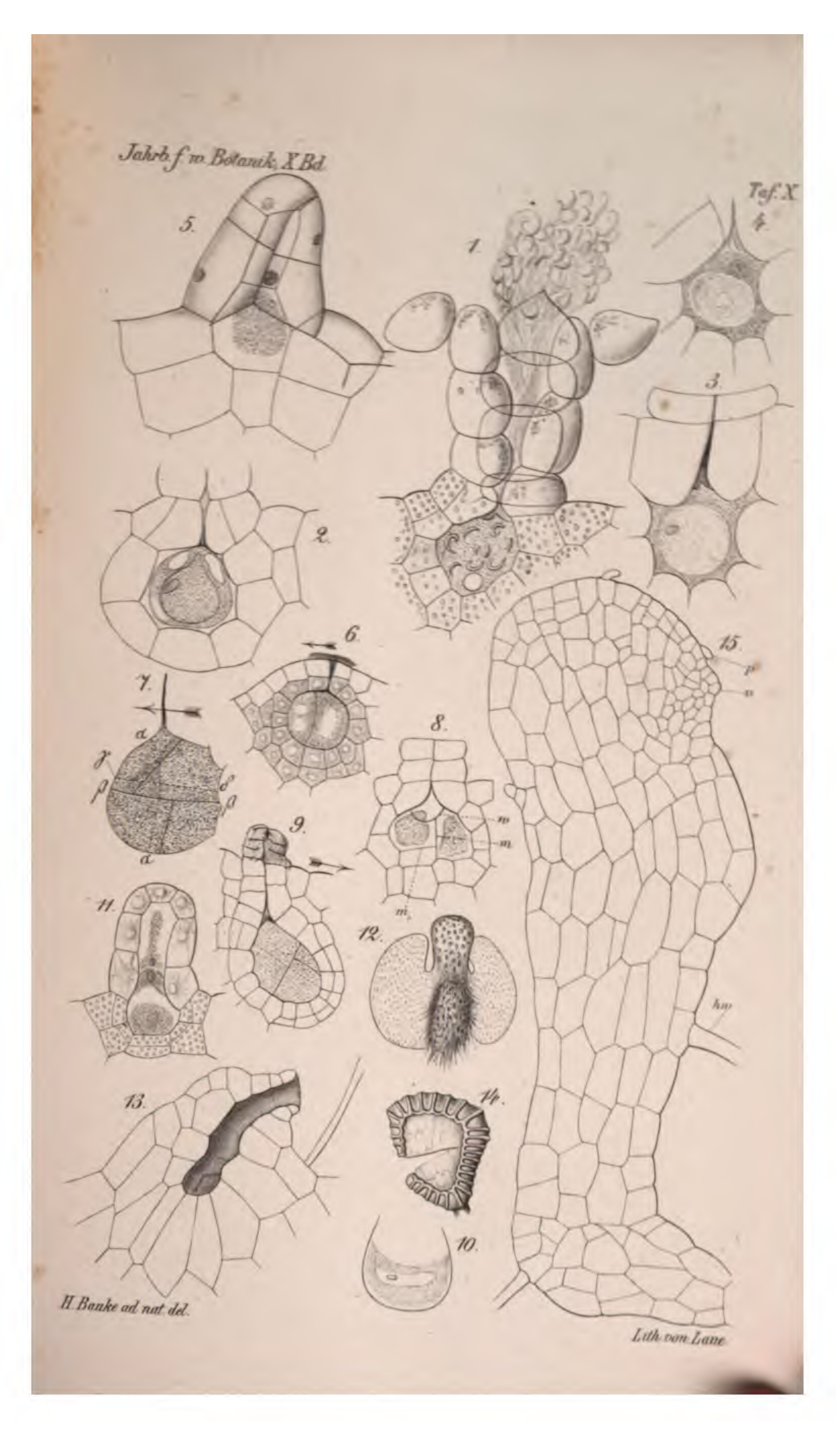

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
H. Bauke ad nat. del.
Lith. von Laue



H. Banke ad nat. del.

Lith. von Laue.


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
H. Bauke ad nat. del.
Lith. von Laue



Jahrb. f. w. Botanik, X Bd.
Taf. X
5.
1.
4.
3.
2.
6.
7.
15.
8.
9.
11.
12.
13.
14.
10.
H. Bauke ad nat. del.
Lith. von Laue

Ich erwähne schliesslich noch, dass ich an der Unterseite eines sehr alten Vorkeimes von Pteris aquilina an dem vorderen Abhange des Polsters einen runden, aus kleinen, dicht mit Chlorophyllkörnern erfüllten Zellen bestehenden Körper in das Polster eingesenkt fand (Taf. VIII, Fig. 25). Nach aussen war derselbe von einem Gewirr gebräunter Zellfäden und sonstigen abgestorbenen Gewebes umgeben, welches weit über die Oberfläche des Polsters hinausragte. Allem Anschein nach ist dieser grüne Körper ein junges Stadium von den schon von Hofmeister[1]) erwähnten, mit Stärke und Oeltropfen erfüllten Knöllchen, wie sie dieser Forscher an den Prothallien von Gymnogramme chrysophylla fand, freilich nicht an dem vorderen, sondern vielmehr an dem hinteren Ende derselben. Leider fand ich trotz der Durchsuchung aller mir zu Gebote stehenden alten Vorkeime ein solches Gebilde nicht wieder. —

IV. Männliche Prothallien und Sprossbildung.

Den im ersten Abschnitt geschilderten Entwicklungsgang besitzen alle Prothallien, welche Archegonien erzeugen. Ausserdem finden sich aber, vorzugsweise bei engen Aussaaten, stets ausschliesslich Antheridien tragende Vorkeime in Menge vor — eine Erscheinung, welche als Hinneigung zur Dioecie zu betrachten ist. Die Gestalt derselben ist bei den Polypodiaceen und im Allgemeinen auch bei den Cyatheaceen sehr unregelmässig. Bald bilden sie mehrfach verzweigte Fäden; bald Zellflächen, welche mit oder ohne Scheitelzelle wachsen oder an ihrer Spitze zwei neben einander befindliche, sich nur in einer Richtung theilende Scheitelzellen bemerken lassen; bald bilden sie eine Vereiniguug von beiden (Taf. VI, Fig. 16). So kommt es z. B. bei Alsophila australis sehr häufig vor, dass, nachdem in der Endzelle des aus der Spore herausgetretenen Fadens bereits mehrere Quer- und Längstheilungen erfolgt sind, eine Theilzelle desselben in einen neuen Faden auswächst, dessen Spitze nun den Vegetationspunkt bildet (Taf. VI, Fig. 18, 27). Demgegenüber fand ich bei Cyathea medullaris die männlichen Vorkeime nur selten in Gestalt und Wachsthumsweise von anderen jungen Vorkeimen verschieden; sie zeichneten sich hier in der Regel nur durch die frühzeitige Bildung einstöckiger

---

1) Vergleichende Untersuchungen p. 84.

Antheridien am Rande aus. Dass diese Vorkeime in der That ausschliesslich männlicher Natur waren, dafür liefert der folgende Umstand den Beweis. Bei der ausserordentlich grossen Anzahl der von mir bei Cyathea medullaris beobachteten, bereits mit einem Zellenpolster versehenen Prothallien, fand ich trotz genauer Prüfung nie eine Spur von Antheridien am Rande vor. Es folgt daraus, dass diejenigen jungen Vorkeime, bei welchen sich randständige Antheridien in Menge vorfinden, für gewöhnlich kein Zellenpolster mit Archegonien erzeugen.

Während nun bei den Cyatheaceen wie bei den Polypodiaceen bei den Archegonien tragenden Vorkeimen Sprossungen im Allgemeinen nur ausnahmsweise stattfinden, vermehren sich dagegen die männlichen Vorkeime vielfach auf diese Weise. Es ist also hier ganz anders als bei den Osmundaceen, wo nach Kny und Lürssen die Bildung von Seitensprossen an den Archegonien tragenden Prothallien allgemeine Regel ist. Da wo indessen schon ein Spross vorhanden ist, treten wie bei den Osmundaceen auch bei den Cyatheaceen meist noch mehr hinzu, welche dann hier wie dort nicht selten sehr dicht neben einander dem Vorkeim ansitzen (Taf. VII, Fig. 1, 5). Die Sprossbildung habe ich nun besonders bei Cyathea medullaris untersucht. Hinsichtlich der Beschaffenheit und Entstehungsart der Sprosse lassen sich hier mehrere wesentlich verschiedene Fälle unterscheiden. In dem einen Falle geht nämlich aus einer, in der Regel seitlich gelegenen Randzelle [1]) eine zweischneidige Scheitelzelle hervor, deren Wachsthumsrichtung in der Verlängerung der Fläche des Prothalliums liegt und auf dem Rande desselben meist annähernd senkrecht steht (Taf. VI, Fig. 17; Taf. VII, Fig. 5). Der so entstandene Adventivspross löst sich dann früher oder später von dem Prothallium dadurch ab, dass die unmittelbar an ihn grenzenden Flächen- und Randzellen absterben (Taf. VI, Fig. 17). Die nächste Entwickelung dieser Sprosse, namentlich die Theilung der Segmente, stimmt mit der der Prothallien völlig überein; bis hierher entspricht also diese Art der Seitensprosse im Wesentlichen den von Kny bei Osmunda beobachteten. Während bei der letztgenannten Gattung jedoch das Scheitelwachsthum wie bei den normalen Prothallien in Randzellenwachsthum übergeht und ein Zellenpolster gebildet wird [2]),

1) Aus der vorderen Einbuchtung des Prothalliums sah ich nie Sprosse hervorgehen.

2) Kny in Pringsheim's Jahrbüchern VIII, p. 7.

findet dies bei Cyathea nicht statt. Die Sprosse lösen sich hier allerdings frühzeitig von dem Muttervorkeim ab und sind dann im Allgemeinen von den unmittelbar aus der Spore hervorgegangenen Prothallien kaum zu unterscheiden; indess beweist in diesem Falle der Umstand, dass sie regelmässig randständige, einstöckige Antheridien erzeugen, welche doch bei Archegonien tragenden Prothallien nie zu finden sind, dass sie ausschliesslich männlicher Natur sind.[1])

Eine zweite Art der Sprossbildung besteht darin, dass eine Flächenzelle sich ähnlich wie bei der Bildung des Antheridiums nach aussen hervorwölbt, dass die so entstandene Wölbung sich durch eine Membran von der Mutterzelle abtrennt und aus sich nun einen Spross erzeugt, welcher entweder ebenfalls durch eine zweischneidige Scheitelzelle fortwächst (Taf. VII, Fig. 4), oder eine solche durchaus nicht erkennen lässt, trotzdem dass er ganz die normale Gestalt eines jungen Prothalliums besitzt (Taf. VII, Fig. 2).[2]) Im Uebrigen ist hier die Entwicklung dieselbe wie bei den zuerst beschriebenen Adventivsprossen. Ferner entstehen zuweilen auf der Fläche oder am Rande Seitensprosse, welche durch zwei unmittelbar neben einander befindliche, sich immer nur in einer Richtung theilende Scheitelzellen wachsen (Taf. VII, Fig. 1 [*aa*]). In Fig. 3 auf Taf. VII ist ein solcher Seitenspross dargestellt, welcher von dem aus der Spore herausgetretenen Zellfaden eines älteren Prothalliums ausgegangen war. Nicht selten finden auch fadenförmige Sprossungen, besonders an der Basis älterer Prothallien statt (Taf. VII, Fig. 1, b, c). Endlich aber findet man zuweilen grössere Flächenstücke, welche von älteren Prothallien abgetrennt sind und selbstständig weitervegetiren; hierbei sind entweder die an der Grenze solcher Flächenstücke gelegenen Zellen abgestorben, oder es ist keine Spur einer Bräunung zu bemerken (Taf. VII, Fig. 1). Der letztgenannte Umstand, sowie besonders

---

1) Hofmeister bemerkt (Vergleichende Untersuchung. p. 84), bei den Polypodiaceen nie Archegonien an Sprossen gefunden zu haben. Vgl. auch Henfrey (Transactions of Linnean society) p. 120: „The progeny of proliferous prothallia exhibit antheridia, but J have never seen antheridia upon them.“ — In so zahlreicher Menge wie bei den Polypodiaceen beobachtete ich die Antheridien bei den Cyatheaceen an Sprossen nicht; indess sind die letzteren auch bei der letzgenannten Familie nicht arm an jenen Organen. Wie Wigand ibid. erwähnt, erscheint die Sprossung der Farnprothallien auch sehr häufig in Folge einer Verletzung.

2) Vgl. auch Wigand, bot. Untersuchung. p. 41.

die Bildung der Antheridien an dem durch die Abtrennung entstandenen Aussenrande, weisen deutlich darauf hin, dass hier kein gewaltsames Abreissen, sondern ein selbstständiges Ablösen stattgefunden hat.[1]) Für solche Flächenstücke ist überhaupt die Bildung von Antheridien überall am Rande characteristisch; auch scheinen sie zur Bildung von Adventivsprossen besonders geneigt zu sein. So bemerkt man in dem in Taf. VII, Fig. VI veranschaulichten Falle einen fadenförmigen Spross, welcher von dem der Spore zunächst liegenden Zellfaden, und einen anderen, welcher von der Fläche seinen Ursprung genommen hat (b und c); ferner hat sich ebenfalls von der Fläche ein Spross abgezweigt, welcher durch zwei neben einander befindliche Scheitelzellen (α α) wächst, und mit welchem ein anderer mit normaler Scheitelzelle (S) in Verbindung steht (bei a und d). Endlich aber ist an dem Rande des Flächenstücks nach vorn zu eine reguläre zweischneidige Scheitelzelle zu bemerken, welche deutlich drei Segmente abgeschieden hat, in deren zweitem sich bereits ein Antheridium (an) befindet. Ihrer Lage nach zu urtheilen, ist dies wahrscheinlich die ursprüngliche Scheitelzelle, welche nach der Abtrennung des fehlenden Flächenstückes durch starkes Wachsthum der mit R bezeichneten Region des Prothalliums bei Seite gedrängt wurde.

Die hier vorgeführten Thatsachen zeigen, dass die Adventivsprosse in ihrem Verhalten mit den männlichen Vorkeimen völlig übereinstimmen; sie zeigen aber auch, auf wie verschiedene Weise für die fortwährende Erzeugung neuer Spermatozoiden gesorgt ist. So weit meine Beobachtungen reichen, sowie nach Angabe früherer Beobachter,[2]) verhält es sich mit den Polypodiaceen und den anderen Cyatheaceen bezüglich der Sprossbildung im Wesentlichen ebenso wie mit Cyathea medullaris.

V. Anomalieen.

Nachdem ich bis jetzt im Wesentlichen die typische Entwicklung des Prothalliums mit den Geschlechtsorganen gegeben habe, gehe ich zum Schluss dazu über, einige interessantere Abweichungen vom normalen Typus zu beschreiben.

1) Vgl. auch Wigand, bot. Untersuchungen p. 42.
2) Vgl. z. B. Hofmeister, l. c. p. 84.

Es wurde schon im vorigen Abschnitt darauf hingewiesen, dass in der Gestalt und Wachsthumsweise der ausschliesslich Antheridien tragenden Vorkeime sich im Allgemeinen durchaus keine Regel erkennen lässt, während die Archegonien tragenden Prothallien sich stets in einer bestimmten Weise entwickeln. Es kamen hier keine wesentlichen Abweichungen von der Regel vor dass die Scheitelzelle zuweilen auch bei älteren Prothallien stark seitlich liegt, dass der Vorderrand der Prothallien nicht selten grade abgeschnitten und dabei stark eingebogen erscheint, dies kann nicht auffallend erscheinen. Wichtiger sind einige Missbildungen, welche ich bei Archegonien antraf. So fand ich einmal bei Cyathea medullaris zwei Centralzellen, welche nur durch eine Membran (m) getrennt und von einer gemeinschaftlichen Bauchhülle umgeben waren (Taf. X, Fig. 8). In der einen von beiden war noch eine zu der letztgebildeten Membran senkrechte Theilung (m_1) eingetreten. Leider hatte der Schnitt die Oberfläche des Polsters nicht genau senkrecht getroffen, so dass der grösste Theil des mitten über den beiden Centralzellen befindlichen Archegoniumhalses weggeschnitten war; bei höchster Einstellung sah man jedoch noch eine gekrümmte, der unteren Bauchkanalzellenwand entsprechende Membran (w). Jedenfalls war hier ursprünglich eine Centralzelle vorhanden gewesen, welche nach der Bildung der mit w bezeichneten Wand in zwei Tochterzellen zerfallen war, von denen dann die eine sich nochmals durch eine auf der letztgebildeten senkrechte Membran (m_1) getheilt hatte. Abnorme Archegonien anderer Art finden sich nicht selten unter den normalen zerstreut. Ein besonders häufiger Fall ist der, dass die Theilungen in den vier Mutterzellen des Halses fast ganz unterbleiben, und dass trotzdem die betreffenden Archegonien die normale Grösse reichlich erlangen (Taf. X, Fig. 5). Damit ist dann zugleich das Fehlen der Bauchkanalzelle und der Bauchhülle verbunden, auch wird in diesen Fällen in der Regel kein Schleim gebildet. Sehr mannichfaltig werden die Abnormitäten unter den Archegonien an alten wuchernden Prothallien. Sie sind hier besonders desshalb interessant, weil sie als ein Zeichen der erlöschenden Fruchtbarkeit dieser Vorkeime aufzufassen sind. Es finden sich da Archegonien, deren Hals vier Zelllagen dick ist, deren Inneres dagegen völlig normal entwickelt ist; es ist sowohl die Bauchkanalzelle vorhanden, als auch wird Schleim gebildet. In anderen Fällen ist bei solchen Archegonien auch das Innere nicht mehr regelmässig ausgebildet.

Oft besitzt der Hals des Archegoniums die Gestalt eines schmalen Kegels mit wenig abgestumpfter Spitze, wobei der Kanal im Innern ausserordentlich schmal ist oder nach oben zu gänzlich fehlt. Endlich fand ich auch zuweilen Archegonien mit sehr tiefliegender Centralzelle und rudimentärem Halstheile vor (Taf. X, Fig. 13). Hofmeister erwähnt diese Art der Monstrosität[1]) und bemerkt dabei, dass bei den Polypodiaceen sehr alte Prothallien gar keine normalen Archegonien, sondern nur noch rudimentäre Organe von dieser Form hervorbringen. Was meine eigenen Untersuchungen anbelangt, so fand ich an dem Scheitel der ältesten, von mir beobachteten Vorkeime immer noch normale Archegonien und ausserdem abnorme von den verschiedensten Formen vor.

VI. Resultate.

Erwägen wir zum Schluss das Ergebniss der vorliegenden Untersuchungen, so zeigt sich zunächst, dass die Cyatheaceen hinsichtlich der Entwicklung des Prothalliums im Allgemeinen mit den Polypodiaceen übereinstimmen. Hierdurch kann aber an der Stellung jener Familie im System, als einer mit den Polypodiaceen auf einer Stufe stehenden Abtheilung nichts geändert werden. Denn wie schon in der Einleitung gezeigt wurde, kommt es bei der Eintheilung der Farne im engeren Sinne nur auf die Dehiscenz des Sporangiums und auf die Lage des Annulus an. Ueberdiess kann gerade die Entwicklungsgeschichte des Prothalliums für die Systematik der Farne sehr wenig in Betracht kommen. Denn sowohl die Gestalt, Wachsthumsweise und Grösse des Vorkeims, als der Ort und die Gestalt der Haarwurzeln und Antheridien variiren nicht nur unter anscheinend gleichen Verhältnissen bei einer und derselben species oft innerhalb auffallend weiter Grenzen, sondern wir sind auch im Stande, durch willkürliche Aenderung der äusseren Lebensbedingungen derartige Variationen hervorzurufen. So werden bei sehr engen Aussaaten vorzugsweise männliche Vorkeime producirt, die, wie im Verlaufe dieser Arbeit gezeigt wurde, hinsichtlich der Gestalt, Wachsthumsweise u. s. f. sich meist völlig anders verhalten, als die Archegonien tragenden Prothallien; bei Ceratopteris thalictroides sind die Wasserprothallien anders

---

1) l. c. p. 84; vgl. dazu Taf. XVII, Fig. 24.

gestaltet als die auf Erde gezogenen[1]) etc. Welche Bedeutung die ersten Theilungen im Embryo für die Systematik der Farne haben, lässt sich jetzt noch schwer entscheiden. Denn die Vergleichung der Angaben von Hofmeister, Kny und mir zeigt, dass die Farne sich in dieser Hinsicht durchaus nicht so constant verhalten, als man von vornherein glauben sollte, wenn man die Uebereinstimmung des von Hofmeister gegebenen Schemas für Pteris und Aspidium mit dem von demselben, wie von späteren Beobachtern für die anderen Gefässkryptogamen festgestellten Theilungsmodus in Betracht zieht.[2]) Ich stimme desshalb, abgesehen von anderen Gründen, nicht mit Kny überein, welcher auf Grund des abweichenden Verlaufs der ersten Wände im Embryo die Parkerieen von den Polypodiaceen trennen zu müssen glaubt.[3])

Speciell ist den Prothallien der Cyatheaceen eigenthümlich das stete Vorhandensein einer, in seltenen Fällen auch zweier Stielzellen beim Antheridium, während das letztere bei den Polypodiaceen bald mit, bald ohne Stielzellen vorkommt; ferner die Bildungsweise der Ringwand, sowie die Theilung der Deckelzelle und die damit verbundene Art des Aufbrechens bei dem Antheridium, endlich die borstenförmigen Haare an der Vorderseite des Zellenpolsters. Die Stielzelle des Antheridiums ist bei den Cyatheaceen sehr häufig einseitig entwickelt und theilt sich nicht selten nochmals. Die Bildung der Ringwand erfolgt bei ihnen stets in der Weise, dass dieselbe an einer, in seltenen Fällen auch an zwei Stellen sich ihrer ganzen Höhe nach an die halbkuglige Wand des Antheridiums ansetzt; aus der Art ihres Verlaufes ist zu schliessen, dass ihre Bildung an der Ansatzstelle beginnt und von hier aus im Kreise fortschreitend erfolgt, bis sie sich selbst wieder berührt. Aus diesem Grunde ist die Ringzelle regelmässig von einer Zwischenmembran durchschnitten. Ein Analogon für diesen Vorgang bieten diejenigen Fälle bei der Bildung der Spaltöffnungsmutterzelle von Aneimia, in welchen die letztere durch eine Membran mit der Seitenwand der Zelle, in welcher sie entsteht, verbunden ist. Dagegen erfolgt bei

---

1) Kny, Sitzungsbericht der Ges. naturforschend. Freunde zu Berlin. 1874 p. 26, 27.

2) Von Hofmeister wurde die Embryoentwicklung von Equisetum untersucht; Pringsheim gab dieselbe für Salvinia, Hanstein für Marsilea, Pfeffer für Selaginella.

3) Kny l. c. p. 25.

den Polypodiaceen, wie schon von früheren Beobachtern angegeben worden ist, die Bildung der Ringwand frei, ohne dass eine Zwischenmembran entsteht; nur Dicksonia verhält sich in diesem Punkt wie die Cyatheaceen. Ebenso theilt sich bei Dicksonia die Deckelzelle des Antheridiums wie bei den Cyatheaceen durch eine gekrümmte Membran in zwei Hälften, deren eine bei dem Aufbrechen abgeworfen wird, während die Deckelzelle bei den anderen Polypodiaceen ungetheilt bleibt und sternförmig aufreisst. Charakteristisch ist noch für die Cyatheaceen, besonders für Cyathea medullaris, die Erscheinung, dass die Flächenbildung bei dem Prothallium oft schon nach dem Entstehen der ersten Querwände in dem Keimschlauch eintritt, ohne dass zuvor noch ein Zellfaden gebildet wird. Bei der Keimung der Spore, welche bei vielen Arten von Hemitelia ein eigenthümlich gehöftes und getüpfeltes Exospor besitzt, tritt bei den Cyatheaceen wie bei den Polypodiaceen die Anlage des Vorkeimes im Durchschnitt gleichzeitig mit der seitlichen Haarwurzel aus der an der dreikantigen Stelle geöffneten Spore heraus. Die Bildung der Scheitelzelle wird durch das Eintreten einer Längswand in der Endzelle eingeleitet. Die Theilung in den Segmenten der Scheitelzelle lässt im Allgemeinen die Regel erkennen, dass die Theilungswände successiv auf einander senkrecht stehen. Sobald die Scheitelzelle durch eine Tangential-Wand in eine innere und in eine Randzelle zerfallen ist, wächst das Prothallium durch Theilung sämmtlicher Randzellen nach dem für die Segmente angegebenen Modus fort; dabei geht die Zellenvermehrung in den terminalen Randzellen am lebhaftesten vor sich, so dass die letzteren von den anderen Zellen des Vorkeimes immer durch ihre geringe Grösse, den reichen Plasmagehalt und die schmale Gestalt abweichen. Die Haarwurzeln trennen sich bei den Cyatheaceen wie bei den Polypodiaceen von der Mutterzelle regelmässig durch eine Wand ab; sie zeigen ferner bei den Cyatheaceen häufig eine mehrfach geschichtete und mit einer ringförmigen Einfaltung versehene, zuweilen auch eigenthümlich durchbrochene Membran; die besitzen endlich bei Cyathea medullaris zuweilen ächte Scheidewände. Bei den Polypodiaceen kommen Haarwurzeln vor, welche den von Mettenius für die Prothallien der Hymenophyllaceen beschriebenen gleichen: sie sind kurz, am Ende kopfförmig angeschwollen und mit mehreren Ausstülpungen versehen. Die Antheridien sind bei den Cyatheaceen regelmässig von zweierlei Form: entweder mit einer oder mit zwei ringförmigen Wandzellen.

Die erste Art findet sich bei Sprossen und männlichen Vorkeimen vor, die zweite bei Archegonien-tragenden Prothallien. Nur bei Hemitelia spectabilis kommen Antheridien vor, die ausschliesslich aus einer Spermatozoidenurmutterzelle mit den von derselben eingeschlossenen Spermatozoidenmutterzellen und aus einer ungetheilten Deckelzelle bestehen. Die letztere wird hier entweder abgeworfen, oder sie reisst wie bei den Polypodiaceen sternförmig auf.

In der Centralzelle des Antheridiums erfolgt die erste Theilung senkrecht zur Fläche des Prothalliums; die folgenden Wände stehen zuerst successive auf einander senkrecht, und verlaufen schliesslich in der Regel tangential zum Mittelpunkt der Centralzelle. Sobald die Theilungen in der letzteren vollendet sind, verwandelt sich eine Mittelschicht sämmtlicher die Spermatozoidenmutterzellen begrenzenden Wände in Schleim; bei weitem am stärksten betheiligen sich hierbei die Innenwände der peripherischen Zellen des Antheridiums. Auf diese Weise können die Spermatozoidenmutterzellen sich abrunden, sie liegen jetzt frei in dem körnigen Schleime eingebettet. Die Bildung des Spermatozoids beginnt damit, dass das Plasma der Mutterzelle sich an die Wand zurückzieht. Der Körper des Samenfadens schält sich darauf mit dem vorderen, die Cilien tragenden Ende beginnend aus demselben heraus. Die Länge der Wimpern ist bei den Cyatheaceen ein bis zwei Mal so beträchtlich als die des spiralig gewundenen Körpers; die Gestalt variirt vielfach. Das Aufbrechen des Antheridiums erfolgt dadurch, dass durch Wasseraufnahme einerseits eine starke Spannung in den peripherischen Zellen eintritt, andrerseits der Schleim im Innern zu quellen beginnt; schliesslich wird bei den Cyatheaceen die eine Hälfte des Deckels oder der letztere ganz abgeworfen, während derselbe bei den Polypodiaceen sternförmig aufreisst. Die Bildung des Spermatozoids tritt nicht selten erst draussen vor dem Antheridium ein. Das Freiwerden desselben erfolgt höchst wahrscheinlich in der Weise, dass durch den endosmotischen Strom, welcher bei der unmittelbaren Berührung der Mutterzelle mit dem Wasser entsteht, die Membran der letzteren schliesslich zum Platzen gebracht wird.

Die Archegonien haben bei den Polypodiaceen zuweilen, bei den Cyatheaceen in der Regel zwei Basalzellen. Die erste in der Mutterzelle des Halses eintretende Theilung verläuft durchaus nicht regelmässig parallel zur Längsachse des Prothalliums, sondern

nicht minder häufig in anderen Richtungen. Die Halszellen zeigen einen sehr deutlichen Zellkern; schmiegt dieser sich, wie es nicht selten der Fall ist, in jeder von ihnen der dem Halskanal zugewandten Seite an, so gewinnt es den Anschein, als sei in dem letzteren eine Reihe von Kernen vorhanden, wie Strassburger angiebt. Die Mutterzelle des Halses zeigt sich oft frühzeitig von einem durch radiale und tangentiale Theilung der benachbarten Zellen entstandenen Zellringe umgeben. Die Bauchkanalzelle Janczewski's entsteht durchaus nicht immer in der Centralzelle, sondern häufig in dem Halskanal; zuweilen kommen überdies Wände hoch im Halskanal vor. Bei der Bildung der Bauchhülle betheiligen sich sehr häufig die untersten Halszellen. Der Schleim im Halskanal ist nicht ein Quellungsprodukt der Kanalzellenwände, sondern eine nachträgliche Membranbildung des Plasmas der beiden Kanalzellen, welche in der Schleimbildung bei vielen Samenschalen ein Analogon hat. Bei den von mir untersuchten Farnen ist die Imbibitionsfähigkeit des Schleimes eine begrenzte. Noch vor dem Aufbrechen des Archegoniums vergrössert der Zellkern der Centralzelle sich oft beträchtlich. Um dieselbe Zeit zieht das gesammte Plasma der letzteren sich unter Wasserabgabe zu einer rundlichen oder umgekehrt birnförmigen, zuweilen auch cylindrischen Masse, der Pringsheim'schen Befruchtungskugel, zusammen. Zuweilen dringen neun Spermatozoiden in die Centralzelle ein, bevor in Folge der Befruchtung die Schliessung des Halskanales erfolgt. Die letztere Erscheinung ist die nothwendige Folge eines in sämmtlichen die Centralzelle einschliessenden Zellen durch die Befruchtung eintretenden Wachsthumsvorganges. In der grossen Mehrzahl der Fälle geht die Wirkung der Befruchtung nicht weiter; nur in einem, sehr selten in zwei Archegonien desselben Prothalliums theilt sich die Befruchtungskugel und damit verbunden auch die die letztere umgebenden Zellen.

Nach der Schliessung des Halskanals vergrössert sich der Zellkern der Centralzelle oft derartig, dass er das Lumen der letzteren nicht selten fast ausfüllt; zugleich bemerkt man in manchen Fällen eigenthümliche Sonderungen im Plasma und Vacuolen. Derartige Erscheinungen, verbunden mit der Thatsache, dass in Ausnahmefällen nur ein Theil des Plasmas der Centralzelle sich mit einer Membran umgiebt und sich mehrmals theilt, haben die Hypothese von einer besonderen, im Plasma der Centralzelle durch freie Zellbildung entstandenen Keimzelle hervorgerufen.

Abweichend von den anderen Farnen zeigten sich bei Cyathea medullaris die ersten vier Zellen des Embryos in mehreren Fällen nach Art der Ecken eines Tetraëders angeordnet.

Alte wuchernde Prothallien erzeugen immer noch normale Archegonien am Scheitel und bringen junge Pflanzen hervor, wenn man sie mit reichlich Antheridien tragenden Vorkeimen zusammenbringt. Je älter ein Prothallium wird, um so mehr abnorme Archegonien werden von ihm gebildet. Die Gestalt der letzteren variirt nach allen Richtungen. An sehr alten Prothallien kommen rundliche, aus kleinen, an Chorophyll reichen Zellen bestehende Körper in das Gewebe des Polsters eingesenkt vor, deren Bedeutung nicht zu ermitteln war.

Die Gestalt und Wachsthumsweise der männlichen Prothallien ist bei den Cyatheaceen wie bei den Polypodiaceen im Allgemeinen völlig unregelmässig; nur bei Cyathea medullaris unterscheiden sich dieselben in dieser Hinsicht von jungen, später Archegonien tragenden Vorkeimen in der Regel nicht; sie sind hier nur durch die frühzeitige Bildung randständiger, einstöckiger Antheridien charakterisirt. Vorzugsweise an diesen Vorkeimen findet die Bildung von Adventivsprossen statt. Die letzteren sind ebenfalls ausschliesslich männlicher Natur; sie entstehen auf der Fläche wie am Rande und wachsen entweder nur mit Randzellen oder mit einer oder mit zwei unmittelbar neben einander befindlichen Scheitelzellen. Nicht selten lösen sich auch Theile von Prothallien ab, um selbstständig weiter zu wachsen und Antheridien zu erzeugen. Als Anomalie ist besonders ein Archegonium mit zwei Centralzellen, welches sich bei einem Vorkeim von Cyathea medullaris vorfand, erwähnenswerth.

Die vorliegende Arbeit wurde im botanischen Laboratorium der Universität Heidelberg ausgeführt. Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Pfitzer, spreche ich hiermit meinen innigen Dank aus für die rege Theilnahme und die Unterstützung, welche er mir bei dieser Gelegenheit gewährt hat. —

Strassburg, im Juli 1874.

Nachträgliche Bemerkung.

Bezüglich der Entwicklungsgeschichte der Prothallien von Aneimia ist dem in der Einleitung gesagten nur noch hinzuzufügen, dass im weiteren Verlaufe der Entwicklung an dem seitlich gelegenen Punkte der lebhaftesten Zellvermehrung wie bei den Polypodiaceen und Cyatheaceen eine Einbuchtung entsteht, welche später durch starkes Wachsthum der hinter ihr befindlichen Parthie des Vorkeims allmählich in die Mitte des letzteren rückt. Indem nun zugleich das Zellenpolster in der für die anderen Familien bekannten Weise hinter der Einbuchtung sich bildet, unterscheiden sich die Vorkeime von Aneimia schliesslich nicht mehr von denen der Polypodiaceen; ebensowenig ist ein Unterschied zwischen Aneimia und den anderen Farnen bezüglich der Archegonien zu bemerken. Die Entwicklung des Antheridiums ist, wie schon in der Einleitung bemerkt wurde, von Kny bereits beschrieben worden.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VI.

Fig. 1. Spore von Cyathea medullaris. Vergr. 660.

Fig. 2. Junger Vorkeim derselben species. Die Flächenbildung hat bereits nach dem Eintreten der zweiten Querwand in der Endzelle begonnen. Neben dem Prothallium kommt die primäre, seitliche Haarwurzel aus der Spore. s bedeutet in dieser, wie in den folgenden Figuren auf dieser Tafel die Scheitelzelle. Vergr. 110.

Fig. 3. Theil eines jungen Vorkeims mit der Spore, bei derselben species. Es ist hier die Abgrenzung der ersten Zelle des Prothalliums, wie auch die der primären Haarwurzel von dem Sporensack durch eine Wand zu sehen. Die Zellinhalte sind durch Glycerin contrahirt. Vergr. 150.

Fig. 4. Theil eines fadenförmigen Vorkeims bei derselben Species. Die beiden jüngsten Zellen sind kopfförmig angeschwollen; dies deutet den Beginn der Flächenbildung an. Vergr. 110.

Fig. 5—7. Spore von Alsophila australis. In Fig. 6 ist dieselbe dicht mit Oeltropfen erfüllt, welche durch gegenseitigen Druck z. Th. eine polyedrische Gestalt angenommen haben. In Fig. 7 haben sich fast sämmtliche Oeltropfen zu einer grossen Kugel vereinigt, in deren Mitte der Zellkern sichtbar ist; in den Ecken sind noch einige übrig gebliebene Oeltröpfchen. Vergr. 560.

Fig. 8. Keimung der Spore bei Cyathea medullaris. Aus der Spore tritt das junge Prothallium mit der seitlichen Haarwurzel heraus. Vergr. 110.

Fig. 9. Junger fadenförmiger Vorkeim derselben Species. Vergr. 100.

Fig. 10. Aehnlich wie Fig. 4. In der Endzelle ist bereits die erste Längswand eingetreten. Vergr. 100.

Fig. 11. Spore von Hemitelia spectabilis. t sind Tüpfel in dem Exosporium. Vergr. 900.

Fig. 12. Optischer Längsschnitt durch einen der drei Höfe bei derselben Spore, viel stärker vergrössert. t Tüpfel; ep 1, ep 2 und ep 3 die drei Schichten des Exospors, en das Endospor. la ist die Lamelle, welche den Hof nach Innen zu begrenzt.

Fig. 13. Junger Vorkeim von Cyathea medullaris, ähnlich dem in Fig. 2 dargestellten. Vergr. 110.

Fig. 14. Junger Vorkeim derselben Pflanze. Die die Flächenbildung einleitende Wand in der Endzelle ist nicht senkrecht, sondern annähernd parallel zu der letzten Querwand; daher ist die Scheitelzelle um ihre innere Ecke gedreht. Vergr. 110.

Fig. 15. Junger Vorkeim von Alsophila australis. Aus der ersten Zelle des Fadens ist eine zweite Haarwurzel ausgegangen. Die Chlorophyllkörner haben in einer Zelle eine ausserordentliche Grösse. In den Schwesterzellen der Scheitelzelle sind zahlreiche Theilungen eingetreten. Vergr. 110.

Fig. 16. Männlicher Vorkeim von Hemitelia spectabilis, eine Vereinigung von Zellfäden und Zellfläche zeigend. Vergr. 110.

Fig. 17. Junger Adventivspross von dem Seitenrand eines Vorkeimes von Cyathea medullaris. Die an ihn grenzenden Flächen und Randzellen des Prothalliums sind abgestorben. Der Spross trägt eine grosse Haarwurzel. Vergr. 110.

Fig. 18. Männlicher Vorkeim von Alsophila australis mit einem Antheridium mit zwei Stielzellen. Vergr. 110.

Fig. 19. Junger normaler Vorkeim von Cyathea medullaris, zeigt die Theilung der Segmente. Vergr. 220.

Fig. 20. Vordere Einbuchtung am Scheitel eines Vorkeims von Cyathea medullaris. Die Scheitelzelle ist soeben durch eine tangentiale Wand in eine Innen- und in eine Randzelle zerfallen. Vergr. 220.

Fig. 21. Junger fadenförmiger Vorkeim, ebenfalls von Cyathea m. — An der ersten Zelle desselben bemerkt man die Anlage der zweiten Haarwurzel, welche sich bereits von der Mutterzelle durch eine Wand abgetrennt hat. Unten rechts die primäre Haarwurzel. Vergr. 110.

Fig. 22. Junger Vorkeim derselben Species, ähnlich wie Fig. 2 und Fig. 13. Vergr. 110.

Fig. 23. Vorderer Theil eines noch mit einer Scheitelzelle fortwachsenden Vorkeims von Cyathea medullaris. Bei den jüngsten Segmenten ist die weitere Theilung sehr leicht zu verfolgen. Vergr. 220.

Fig. 24. Haarwurzel an einem älteren, Archegonien tragenden Vorkeim von Pteris aquilina. Vergr. 350.

Fig. 25. Theil eines jugendlichen Vorkeims von Alsophila australis. Vergr. 110.

Fig. 26. Zwei Haarwurzeln an dem Zellenpolster eines älteren Vorkeimes von Cyathea medullaris. Es ist in beiden nahe der Basis eine echte Scheidewand vorhanden. Vergr. 130.

Fig. 27. Männlicher Vorkeim von Alsophila australis. Aehnlich dem in Fig. 18 abgebildeten. Vergr. 110.

Tafel VII.

Fig. 1. Sich freiwillig abgelöst habende Hälfte eines Vorkeims von Cyathea medullaris. An dem durch die Abtrennung von dem fehlenden Flächenstück entstandenen Rande sind 2 Antheridien gebildet. Von der Fläche ist erstens ein Spross (a) mit zwei neben einander befindlichen Scheitelzellen ($\alpha\alpha$) ausgegangen; daneben ein solcher (d) mit einer normalen Scheitelzelle (s) und ein fadenförmiger Spross (c). Noch ein fadenförmiger Adventivspross zweigt sich von dem der Spore zunächst liegenden Zellfaden ab (b). Rechts oben eine Scheitelzelle (sz), wahrscheinlich die ursprüngliche des Vorkeims, durch starkes Wachsthum der mit R R bezeichneten Parthie des Prothalliums zur Seite gedrängt. In ihrer Nähe ein Antheridium (an). Vergr. 110. Diese sowie die folgenden Fig. bis Fig. 6 einschliesslich sind nach Behandlung des Präparates mit Alkohol, Kalilauge und Essigsäure gezeichnet.

Fig. 2. Spross von der Fläche eines männlichen Vorkeims von Cyathea medullaris. Ohne Scheitelzelle, aber doch mit der den normalen Vorkeimen eigenen Form. Mit einem Antheridium. Vergr. 110.

Fig. 3. Spross mit zwei unmittelbar neben einander befindlichen Scheitelzellen ($\alpha\alpha$), von dem der Spore zunächst liegenden Zellfaden eines älteren Vorkeims derselben Species ausgegangen. Vergr. 110.

Fig. 4. Spross mit Scheitelzelle, von der Fläche eines sich von einem Prothallium abgelöst habenden Flächenstückes derselben Species ausgegangen. Vergr. 220.

Fig. 5. Spross mit Scheitelzelle (a), vom Rande eines männlichen Vorkeimes derselben Species. Neben ihm ist die Anlage eines zweiten zu sehen (b). Vergr. 220.

Fig. 6. Theil einer Haarwurzel von einem Prothallium von Hemitelia spectabilis. An zwei Stellen erkennt man ein, einem gehöften Tüpfel sehr ähnliches Gebilde. r eine Einfaltung der Membran der Haarwurzel, welche sich als falsche Scheidewand darstellt. Vergr. ca. 1300.

Fig. 7. Deckelzelle des Antheridiums von Cyathea medullaris vor ihrer Theilung, von oben. Zeigt die sternförmige Anordnung der Chlorophyllkörner. Vergr. 350.

Fig. 8. Querschnitt durch das Zellenpolster eines Prothalliums nach hinten zu; zeigt ein Antheridium, in welchem die Stielzelle (st) und die ringförmige Wand (r) mit ihrer Zwischenmembran (z) gebildet ist. Vergr. 350. Diese und die folgenden Figuren auf dieser Tafel gehören zu Cyathea medullaris.

Fig. 9. Aehnlicher Zustand wie d. v. Vergr. 350.

Fig. 10. Querschnitt durch ein älteres Prothallium. Antheridium von normaler Grösse, ausnahmsweise dabei mit nur einer Ringzelle. Die Deckelzelle ist bereits getheilt. Im Inneren sind die ersten Theilungen eingetreten. Nach Behandlung mit Kalilauge und Essigsäure gezeichnet. Vergr. 350.

Fig. 11. Querschnitt w. v. — Antheridium, in welchem die Stielzelle noch nicht vorhanden ist; dagegen ist bereits die Ringzelle zu sehen; diese verläuft schief. Bei β sitzt sie mit ihrer unteren Kante der gewölbten Wand des Antheridiums auf, bei α und α_1 der Basilarmembran. z ist hier wie in den folgenden Figuren auf dieser und der folgenden Tafel die Zwischenmembran. Nach Behandlung mit Alkohol, Kalilauge und Essigsäure gezeichnet. Vergr. 350.

Fig. 12. In dem Antheridium ist die Stielzelle, die Ringzelle und die Urmutterzelle der Spermatozoiden abgetheilt. Letztere hat sich bereits nach oben gewölbt. Nach Behandlung mit Kalilauge und Essigsäure gez. Vergr. 350.

Fig. 13. Etwas jüngerer Zustand als der vorige. Die Centralzelle ist soeben abgetrennt worden und hat sich noch nicht mit körnigem Plasma angefüllt. w ist die jüngste Wand, welche hier noch eben ist; r ist hier und in den folg. Fig. die Ringwand. Vergr. 350.

Fig. 14. Junge Antheridiumanlage mit der Stielzelle. Vergr. 350.

Tafel VIII.

Fig. 1—15 Cyathea medullaris.

Fig. 1. Antheridium am Rande eines Sprosses. Die Stielzelle ist schief, der Deckel bereits getheilt, die Spermatozoidenmutterzellen abgerundet und in dem körnigen Schleim eingebettet. Vergr. 350.

Fig. 2. Antheridium an einem älteren Vorkeim, von der Fläche gesehen. Der Deckel (d) hat sich zuerst in zwei Hälften getheilt, von denen die eine sich nochmals getheilt hat. Im Inneren der Centralzelle sind die Theilungen zu sehen. ru hier und in den folg. Fig. die untere Ringwand, zu: die zu derselben gehörige Zwischenmembran. Nach Behandlung mit Alkohol, Kalilauge und Essigsäure gezeichnet. Vergr. 350.

Fig. 3. Antheridium w. v., zeigt die tangential verlaufenden Theilungen im Inneren der Centralzelle. Behandelt w. v. Vergr. 350.

Fig. 4. Querschnitt durch ein älteres Prothallium. Antheridium, in welchem bereits die beiden Ringwände (ru und ro) gebildet sind. Ob die Deckelzelle (d) sich getheilt hat, ist nicht zu sehen. Im Inneren die ersten Theilungen. Vergr. 350.

Fig. 5. Antheridium am Rande eines kleinen, männlichen Vorkeims. Im Inneren der Centralzelle sind die Theilungen fast vollendet. Die erste Wand ist mit der Ebene des Papiers parallel; die ausgezogenen Linien bedeuten die Theilungen in der vorderen, die gestrichelten Linien die in der hinteren, durch die erste Wand entstandenen Hälfte. Nach Behandlung mit Alkohol, Kalilauge und Essigsäure gez. Vergr. 350.

Fig. 6. Antheridium an einem kleinen männlichen Vorkeim von der Fläche gesehen. Im Inneren sind die Theilungen eingetreten. Behandelt w. v. Vergr. 350.

Fig. 7. Vollständig ausgebildetes Antheridium mit den abgerundeten, in dem körnigen Schleime befindlichen Spermatozoidenmutterzellen. Die Spermatozoiden selbst sind noch nicht gebildet. d ist der Deckel, ro die obere Ringwand, zo die obere Zwischenmembran; ru die untere Ringwand, zu die zu ihr gehörige Zwischenmembran; st die schiefe Stielzelle. Nach Behandlung mit Kalilauge und Essigsäure gez. Vergr. 350.

Fig. 8. Weiterer Zustand. Die Spermatozoiden sind bereits gebildet; die peripherischen Zellen z. Th. zusammengedrückt. — Das Chlorophyll ist aus den peripherischen Zellen verschwunden. Vergr. 350.

Fig. 9. Weiterer Zustand. In den peripherischen Zellen ist eine beträchtliche Spannung eingetreten. Während ich das Antheridium zeichnete, öffnete es sich, indem die eine Deckelhälfte (hd) abgestossen wurde. Vergr. 350.

Fig. 10. Entleertes Antheridium mit einem abortirten Spermatozoid. Die untere Ringzelle hat auf der einen Seite eine ungewöhnliche Ausdehnung. Vergr. 350.

Fig. 11. Aelteres Antheridium von oben gesehen. z die primäre Zwischenmembran, also ein Theil der unteren Ringwand. z, vielleicht secundär. Durch die Behandlung mit Kalilauge sind die Spermatozoidenmutterzellwände aufgequollen, bei weitem am stärksten die Innenwand der Ringzellen. Die äusseren Wände, sowie die Zwischenmembranen z und z, sind durch das Reagens nicht verändert. Vergr. 350.

Fig. 12. Antheridium auf der Fläche eines älteren Vorkeimes, von unten gesehen. st die durch eine gekrümmte Membran getheilte, schiefe Stielzelle. Die Grenzlinie, in welcher die Stielzelle die Basilarmembran des Antheridiums berührt (b), ist ebenfalls gekrümmt. Vergr. 350.

Fig. 13. Aehnlicher Zustand wie der in Fig. 11 dargestellte. Das Antheridium gehört einem jüngeren Prothallium an und ist daher kleiner. u die untere, o die obere Zwischenmembran. u, ebenfalls eine Zwischenmembran in der unteren Ringzelle. Wahrscheinlich ist die letztere von Anfang an hier aus zwei Stücken zusammengesetzt gewesen. Vergr. 350.

Fig. 14. Antheridium von oben gesehen. Es ist nur die untere Ringwand hineingezeichnet. Vergr. 350.

Fig. 15 w. v. Vergr. 350.

Fig. 16. Antheridium an einem Spross von Hemitelia spectabilis, ein alter Zustand von einem Antheridium, wie es Fig. 19 darstellt. Der Deckel ist abgeworfen worden, das Antheridium gebräunt. Vergr. 350.

Fig. 17. Ein ähnliches Antheridium ebendaher, von oben gesehen. Die Deckelzelle ist durchbrochen wie bei den Polypodiaceenantheridien. Die Linie a ist die Grenzlinie der Durchbrechung bei der äusseren, b dieselbe bei der inneren Deckelzellenmembran. Vergr. 350.

Fig. 18. Entleertes Antheridium mit einem abortirten Samenfaden, auf der Fläche eines älteren Vorkeimes von Cyathea medullaris. Oben die Ansicht desselben von der Fläche, unten von der Seite. g die geschwungene Grenzlinie der Stielzelle. Vergr. 380.

Fig. 19. Antheridium an einem Spross von Hemitelia spectabilis unmittelbar vor dem Aufbrechen (vgl. Fig. 16 und 17). In der Centralzelle sind fünf Spermatozoidenmutterzellen mit ihren Samenfäden vorhanden; ausserdem ist Chlorophyll in ihr wie in der Deckelzelle zu sehen. Das Antheridium besteht nur aus Central- und Deckelzelle. Vergr. 350.

Fig. 20. a—d Entwicklung des Spermatozoids bei Cyathea medullaris. In der Mutterzelle ist in der Mitte die körnige Vacuole zu sehen. In d ist eine Spannung in der Mutterzelle vorhanden. e, g, h, i, k, verschiedene Formen von Spermatozoiden ebendaselbst. f eine Mutterzelle mit ihrem Spermatozoid von Alsophila australis. Ein Theil der Wimpern desselben ist herausgetreten, die anderen sind noch im Innern der Zelle eingeschlossen und liegen der Membran der letzteren an. Vergr. 900.

Fig. 21. Jugendliche Spaltöffnungsanlage an dem Blatt von Aneimia hirta. Die Spaltöffnungsmutterzelle hat sich bereits getheilt; in jeder der beiden Tochterzellen ist ein Zellkern zu bemerken.

Fig. 22. Ebenfalls eine Spaltöffnungsanlage von dem Blatt derselben Pflanze. Wahrscheinlich hatte die Bildung der die Spaltöffnungsmutterzelle einschliessenden Membran bei α begonnen und war dann im Kreise fortgeschritten, bis die Membran bei β sich wieder berührte.

Fig. 23. Antheridium von Cyathea medullaris mit geschnäbelter Stielzelle und dem Deckel, dessen eine Hälfte sich nochmals getheilt hat; von oben. Vergr. 350. Nach Behandlung mit Alkohol und Kalilauge gez.

Fig. 24. Junge Antheridiumanlage (Querschnitt durch ein Prothallium derselben Species). Vergr. 350.

Fig. 25. Querschnitt durch ein sehr altes, wucherndes Prothallium von Pteris aquilina. An der Unterseite des vorderen Polsterabhangs ist ein rundlicher Zellkörper in das Gewebe des Polsters eingesenkt, welcher aus vielen, dicht mit Chlorophyllkörnern angefüllten, kleinen Zellen besteht. Aussen ist mit ihm eine Parthie abgestorbenen, gebräunten Gewebes verbunden. Rechts und links mehrere abgestorbene Archegonien, rechts unten ein solches vor dem Aufbrechen (durch ein Versehen des Lithographen ist auch letzteres im Inneren braun dargestellt worden). Vergr. 40.

Fig. 26. Antheridium mit noch ungetheilter Deckelzelle und bereits mehrmals getheilter Centralzelle, von Cyathea medullaris; von oben gesehen. Nach Behandlung mit Alkohol und Kalilauge gez. Vergr. 350.

Fig. 27. Haarwurzel von einem Prothallium von Hemitelia spectabilis. Zeigt die Schichtung der Membran und eine ringförmige Einfaltung. Nach Behandlung mit Kalilauge gezeichnet. Vergr. cca. 1300.

Fig. 28. Junges Archegonium von Pteris aquilina. Die Halskanalzelle hat sich von der Centralzelle durch eine ebene Wand abgetrennt. Es ist eine Basalzelle vorhanden. Vergr. 350.

Tafel IX.

Fig. 1. Querschnitt durch den vorderen Abhang eines Zellenpolsters an einem Vorkeim von Cyathea medullaris. Junge Archegoniumanlage mit zwei Basalzellen, von denen die unterste sich durch eine schief verlaufende Wand getheilt hat. In der Mutterzelle des Halses ist die Kreuztheilung eingetreten, und das Plasma der inneren Zelle hat bereits begonnen, sich zwischen die vier Tochterzellen der ersteren zu drängen. Vergr. 160.

Fig. 2. Eine ähnliche junge Anlage bei derselben Species. In den vier Mutterzellen der Zellreihen des Halses sind die ersten schräg verlaufenden Theilungen eingetreten. Das Plasma der inneren Zelle hat sich jedoch noch

nicht merklich zwischen jene gedrängt. Ebenfalls zwei Basalzellen. Vergr. 350. Nach Behandlung mit Alkohol, Kalilauge und Essigsäure gez.

Fig. 3. Ebenfalls Cyathea medullaris. Der Halskanal ist bereits gebildet und hat sich von der inneren Zelle durch eine nach unten convexe Wand abgegrenzt. In dem Halskanal wie in der Centralzelle ist noch Chlorophyll vorhanden. Ebenfalls zwei Basalzellen. Vergr. 160.

Fig. 4. Unterer Theil eines Archegoniums von Pteris aquilina nahe der Reife. Die Bauchkanalzelle ist noch vorhanden, aber doch hat sich der Inhalt der Centralzelle bereits zu einer inmitten der Zellflüssigkeit schwimmenden Befruchtungskugel mit einem deutlichen Kern in der Mitte zusammengezogen. Vergr. 350.

Fig. 5. Querschnitt durch das Zellenpolster eines Prothalliums von Cyathea medullaris nach vorn zu. Ein fadenförmiges und ein als Zellkörper erscheinendes borstenförmiges Haar. Vergr. 350.

Fig. 6. Junge Archegoniumanlage bei Cyathea medullaris, von oben gesehen. Die Kreuztheilung in der Halsmutterzelle ist bereits erfolgt, die letztere ist rings von einem durch radiale und tangentiale Theilung der Nachbarzellen entstandenem Zellringe umgeben. Nach Behandlung mit Alkohol, Kalilauge und Essigsäure gez. Vergr. 350.

Fig. 7. Archegonium von Pteris aquilina. In den Zellen des Halses ist das Chlorophyll noch vorhanden. In den Kanalzellen hat die Bildung des Schleimes soeben begonnen; um das Plasma der Halskanalzelle ist deutlich eine mit den Wänden derselben nicht in Berührung stehende Schleimschicht abgelagert. Die Centralzelle zeigt einen runden, kleinen Zellkern in der Mitte. Vergr. 380.

Fig. 8. Archegonium von Cyathea medullaris. Mitten in dem Halskanal ist eine Membran gebildet. Die durch dieselbe abgeschiedenen beiden Tochterzellen zeigen jede einen Zellkern; ebenso auch die Centralzelle. Zwei Basalzellen sind vorhanden, von denen die unterste sehr klein ist. Vergr. 350.

Fig. 9. Archegonium von derselben Pflanze unmittelbar vor dem Aufbrechen. Die Schleimbildung ist vollendet; das Plasma der Halskanalzelle ist als dicker Strang in der Mitte des Schleimes sichtbar. Die obere Wand der Bauchkanalzelle ist bereits aufgelöst, während die untere noch vorhanden ist. Auch die Bauchhülle ist gebildet. Nach Behandlung mit Alkohol, Kalilauge, Weinsteinsäure und Ammoniak gezeichnet. Vergr. 220.

Fig. 10. Archegonium von Pteris aquilina. Die Schleimbildung hat hier noch nicht begonnen, aber das Chlorophyll ist schon aus den Zellen des Halses verschwunden; dadurch ist in den letzteren der Zellkern jetzt um so deutlicher zu sehen; derselbe ist durch Plasmastränge mit dem Wandbeleg verbunden. Die obere Wand der Bauchkanalzelle ist in dem Halskanal und nicht in der Centralzelle entstanden; sie verläuft abweichend von der Regel nach innen concav und hat sich auf der einen Seite auf die primäre Wand der Bauchkanalzelle aufgesetzt. In beiden Kanalzellen, sowie in der Centralzelle ist ein Zellkern vorhanden; in der letzteren ist um denselben ein breiter, heller Hof bemerkbar. Die Bauchhülle ist noch nicht gebildet. Vergr. 350.

Fig. 11. Aufgebrochenes Archegonium von derselben Pflanze. Die Befruchtungskugel zeigt einen grossen, länglichen, mit deutlichem nucleolus versehenen Zellkern. Rechts hat sich die unterste Halszelle getheilt. Vergr. 350.

Fig. 12. Ebenfalls ein geöffnetes Archegonium von Pteris aquilina. Das Plasma der Centralzelle hat sich hier zu einer umgekehrt birnförmigen Masse zusammengezogen. Vergr. 350.

Fig. 13. W. v. — Das Plasma der Centralzelle hat sich hier zu einer cylindrischen Masse zusammengezogen, welche hoch in den Halskanal hinaufragt. Vergr. 350.

Fig. 14. Querschnitt durch das Polster eines Prothalliums von Cyathea medullaris; zeigt die in Folge stattgehabter Befruchtung geschlossene Centralzelle eines Archegoniums. Abnormer Weise hat nur ein Theil des Plasmas sich mit einer Wand umgeben und sich darauf bereits mehrmals getheilt. Die erste Wand ist der Ebene der Zeichnung parallel; die zweite und dritte stehen auf der ersten und auf einander senkrecht, sodass also die vier ersten Zellen nach Art der Ecken eines Tetraëders gelagert sind. In den beiden hinteren Zellen des Embryos ist ein heller Zellkern zu sehen. Der Pfeil bedeutet die Richtung der Oberfläche des Prothalliums. Vergr. 350.

Fig. 15. Archegonium von Hemitelia spectabilis. Die Centralzelle sowie die beiden Kanalzellen waren hier ausnahmsweise so dicht mit Stärkekörnern angefüllt, dass die im Inneren des Archegoniums vorhandenen Wände erst nach Behandlung mit Reagentien sichtbar wurden. Die Centralzelle besitzt einen sehr grossen Zellkern. Vergr. 350.

Fig. 16. Unterer Theil eines Archegoniums von Alsophila australis vor dem Aufbrechen. In der Centralzelle ist eine Sonderung in dem Plasma zu bemerken. Vergr. 350.

Fig. 17. Centralzelle eines Archegoniums von Alsophila australis nach der Befruchtung, v mit Vacuolen und Zellkern. Vergr. 350.

Fig. 18. Eine ebensolche bei Hemitelia spectabilis mit einem grossen, eiförmigen, mit dunklem nucleolus versehenen Zellkern. Vergr. 350.

Fig. 19. Abgestorbenes Archegonium von dem Polster eines älteren Prothalliums von Pteris aquilina. Vergr. 220.

Fig. 20. Centralzelle eines Archegoniums von Alsophila australis nach der Befruchtung. Dieselbe hat sich beträchtlich vergrössert, ebenso der in ihr sichtbare hyaline Zellkern; die peripherischen Zellen sind in lebhafter Theilung begriffen. Vergr. 160.

Fig. 21. Centralzelle eines anderen Archegoniums derselben Pflanze ebenfalls nach der Befruchtung. In dem dunkelkörnigen Plasma sind zwei hyaline Räume zu bemerken. Bei Anwendung geeigneter Reagentien zeigte sich, dass diese Räume nicht mit Wasser, sondern mit hyalinem Plasma erfüllt waren. Vergr. 350.

Taf. X.

Fig. 1. Archegonium von Cyathea medullaris unmittelbar nach der Befruchtung. In dem Schleim über der Mündung und in dem geöffneten Halse ist eine Menge von mehr oder minder gestreckten Spermatozoiden angehäuft. In der Centralzelle bemerkt man neun Spermatozoiden und einen kleinen Zellkern. Vergr. 350.

Fig. 2. Unterer Theil eines Archegoniums von Alsophila australis ebenfalls nach der Befruchtung. Der Zellkern hat sich beträchtlich vergrössert; er hat eine nach oben spitz zulaufende Gestalt und enthält einen länglichen Nucleolus. Neben ihm sind Vacuolen in der Centralzelle zu bemerken. Vergr. 350.

Fig. 3. Ein ähnliches Stadium. Der Zellkern ist hier hyalin und sphärisch; er hat sich noch stärker vergrössert als in dem vorigen Falle. Vergr. 350.

Fig. 4. Ein ähnliches Stadium. Der Zellkern hat sich hier nicht so stark vergrössert, wie in dem in der vorigen Fig. dargestellten Falle; er besitzt eine nierenförmige Gestalt und lässt einen farblosen Nucleolus erkennen. Vergr. 350.

Fig. 5. Monströses Archegonium von Cyathea medullaris. Die beiden vorderen und die linke der beiden hinteren Halsmutterzellen haben sich einmal, die rechte der beiden hinteren Halsmutterzellen garnicht getheilt. Die Bauchkanalzelle fehlt; im Inneren des Archegoniums ist nur eine ebene Wand vorhanden. Die einzige Kanalzelle zeigt einen kleinen Zellkern; dasselbe ist auch mit den Halszellen der Fall. Vergr. 350. Nach Behandlung mit Alkohol und Kalilauge gez.

Fig. 6. Querschnitt durch das Polster eines Prothalliums von Pteris aquilina nach vorn zu. In der Centralzelle ist ein zweizelliger Embryo zu bemerken; die peripherischen Zellen sind in lebhafter Theilung begriffen. Der Pfeil bedeutet die Richtung der Oberfläche des Vorkeims. Vergr. 350.

Fig. 7. Embryo von Cyathea medullaris. Die erste Wand ist der Ebene der Zeichnung parallel; die mit gestrichelten Linien angegebenen Wände ($\alpha\alpha$; γ; δ) liegen in der unteren, die mit ausgezogenen Linien angegebenen (z. B. $\beta\beta$) in der oberen Hälfte des Embryos. Bedeutung des Pfeils w. v. Nach Behandlung mit Kalilauge gez. Vergr. 350.

Fig. 8. Monströses Archegonium von Cyathea medullaris mit 2 Centralzellen, die durch Theilung einer ursprünglich vorhandenen Centralzelle nach dem Auftreten der mit w bezeichneten Wand erzeugt sind. m ist die Theilungswand; die eine der beiden Tochterzellen hat sich darauf nochmals durch eine auf der letztgebildeten senkrechte Membran m, getheilt. Nach Behandlung mit Alkohol, Kalilauge und Essigsäure gez. Vergr. 160.

Fig. 9. Embryo von Cyathea medullaris. Vergl. die Erklärung zu Fig. 7. Ebenfalls nach Behandlung mit Kalilauge gez. Vergr. 160.

Fig. 10. Centralzelle eines Archegoniums von Pteris aquilina vor dem Aufbrechen, zeigt einen flachen Zellkern. Vergr. 380.

Fig. 11. Archegonium von Pteris aquilina vor dem Aufbrechen. Das Chlorophyll ist aus den Zellen des Halses verschwunden; die Bauchhülle ist gebildet; ebenso ist die Schleimbildung beendet. Die beiden Wände der Bauchkanalzelle waren ursprünglich wie gewöhnlich nach unten convex gekrümmt. Durch einen aussergewöhnlich starken hydrostatischen Druck in der Centralzelle wurden dieselben erst nach aufwärts gekrümmt, und dann, da sie bereits gallertartig erweicht waren, in dem Halskanal hinaufgeschoben. In dem Plasma der Kanalzellen sieht man noch die beiden Zellkerne. Vergr. 320.

Fig. 12. Altes, wucherndes Prothallium von Pteris aquilina. Der Vegetationspunkt überragt bereits die beiden seitlichen Lappen. Vergr. 2,5.

Fig. 13. Abnormes Archegonium an der Unterseite eines alten, wuchernden Prothalliums von Pteris aquilina. Vergr. 220.

Fig. 14. Sporangium von Balantium antarcticum. Vergr. 40.

Fig. 15. Vorkeim von Aneimia hirta. Eine Scheitelzelle ist nicht vorhanden; wie in der Regel bei Aneimia, erfolgt das Wachsthum des Vorkeims durch Randzellen. v Vegetationspunkt; d. h. diejenige Stelle, an welcher die Zelltheilung stets am lebhaftesten vor sich geht. p p Papillen, hw Haarwurzeln, die hier vom Rande ausgehen. Vergr. 110. Nach Behandlung mit Alkohol, Kalilauge und Essigsäure gez.

Beiträge zur Anatomie der an Laubblättern, besonders an den Zähnen derselben vorkommenden Secretionsorgane.[1]

Von

J. Reinke.

Eine Studie über Nectar[2]) absondernde Organe an Laubblättern, welche in letzter Zeit etwas in Vergessenheit gerathen zu sein scheinen, veranlasste mich auf die an Laubblättern überhaupt vorkommenden Secretionsorgane näher einzugehen und führte zu der Wahrnehmung, dass die durch Hanstein bekannt gemachte, in den Knospen vor sich gehende Aussonderung von schleimigen und harzigen Stoffen in noch weit ausgedehnterem Masse vorkommt, als die erste ausführliche Publication[3]) es erwarten liess, und dass ganz besonders die am Rande der Laubblätter stehenden Sägezähne es sind, welche als Träger einer solchen Secretion fungiren. Ich habe diese Thatsache bereits vorläufig bekannt gemacht[4]) unter Betonung des Umstandes, dass dadurch auch für die Blattzähne eine specifische Bedeutung im Gesammtorganismus der Pflanze nachgewiesen sei.

Es mag gleich vorweg bemerkt werden, dass ich als Ausscheidungsproduct der Blattzähne in vielen Fällen Schleim, in anderen ein Gemenge von Schleim und Harz (Blastocolla) mitunter auch Harz vorwiegend gefunden habe; es ist die Art des Secrets

---

1) Es dürfte sich zur leichteren Orientirung für den Leser empfehlen, diejenigen Abschnitte, denen Zeichnungen beigefügt sind, vorweg zu nehmen.

2) Unter „Nectar" verstehe ich eine, von oberirdischen Theilen der Pflanze an bestimmten Stellen ausgeschiedene, klare Flüssigkeit von süssem Geschmack; das denselben aussondernde Organ heisst dann: „Nectarium."

3) Bot. Zeit. 1868, No. 43 ff.

4) Nachr. d. k. Gesellschaft d. Wiss. in Göttingen, Sitz. 6. Decemb. 1873.

bei den einzelnen Abschnitten meist nur allgemeinhin angegeben worden, weil ich die Bildung desselben und die Inhalts-Reactionen der Drüsenzellen mit den Darstellungen Hanstein's übereinstimmend gefunden habe, hier auch nur die vorkommenden anatomischen Verhältnisse in Betracht gezogen werden sollen. Eine sorgfältige mikrochemische Behandlung der im Innern der Drüsenzellen vor sich gehenden Stoffwandlungen, auch schon eine genaue Analyse des Secrets, würde wegen der mancherlei hier obwaltenden Schwierigkeiten als besonderes Thema zu bearbeiten sein.

Es bedarf noch der Rechtfertigung, dass ich im Verlaufe der Darstellung, welche die Beobachtungen nach der systematischen Verwandtschaft der Gattungen an einander reiht, die Beschreibung der Eingangs erwähnten Honigdrüsen zwischen die der Colleteren eingeschaltet habe. Allein die morphologischen Beziehungen beider Drüsenarten sind bei manchen Pflanzen, z. B. bei Prunus, so innige, dass eine zusammenhängende Darstellung beider mir den Vorzug zu verdienen schien davor, die Honig aussondernden Apparate als besonderes Kapitel zu behandeln.

In vorliegender Abhandlung sind nur Dicotylen berücksichtigt worden.

Prunus avium (Fig. 1. 2. 3).

Der Rand der eiförmigen, zugespitzten Blätter ist spitz und doppelt gesägt, indem auf der Rückseite jeder der grösseren Sägezähne sich noch 2 bis 3 kleinere Zähne befinden; der Spitze zu geht diese Serratur in eine einfache über, wobei zuerst der eine, dann auch der andere der kleineren Zwischenzähne schwindet, und die letzte Spitze des Blattes kann man als einen grossen Sägezahn auffassen, welcher mit der Richtung der grössten Längsausdehnung des Blattes zusammenfällt. Der Grund der Blattspreite ist selten völlig symmetrisch gegen den Blattstiel abgesetzt, in der Regel ist die eine Seite mehr weniger vorgezogen, wenn auch lange nicht so stark, wie bei Ulmus. Man könnte die Spreite am Stiel herablaufend nennen, denn die obere Seite des Stiels ist der Länge nach von einer tiefen Rinne gefurcht, welche sich allerdings auch über die Mittelrippe der Spreite bis zu deren Spitze hinzieht, und in die Ränder dieser Furche des Blattstiels sieht man die Substanz der Spreite übergehen. Die Nervatur ist regelmässig dicotylisch, man kann, wie in den meisten Fällen, vier Ordnungen von Nerven in den Blättern von Pr. avium unterscheiden. Der ersten Ordnung

ist nur die auf der unteren Blattseite stark hervortretende Mittelrippe beizuzählen, welche die unmittelbare Verlängerung des Blattstiels darstellt; die Nerven zweiter Ordnung stehen fiederförmig zu derselben, auch sie treten noch ziemlich stark auf der Unterseite hervor um in ungefähr parallelen Abständen gegen den Rand des Blattes zu verlaufen. Zu ihnen wiederum stehen ebenfalls fiedrig die nur noch wenig hervortretenden Nerven dritter Ordnung und zwischen diesen letzteren bilden die Nerven vierter Ordnung durch allseitige Anastomosen ein feines, ganz dem Mesophyll eingesenktes Netzwerk.

Die Nerven zweiter und dritter Ordnung stehen in Beziehung zu den Zähnen des Blattrandes; die ersteren laufen nicht direct in dieselben aus, sondern sie bilden Commissuren, durch welche sie in der Nähe des Blattrandes mit einander anastomosiren. Von diesen Commissuren laufen dann wieder Nerven aus, um in den grösseren Sägezähnen des Randes zu endigen. Von letzteren zweigen sich kleinere Nerven, der dritten Ordnung zuzurechnen, ab, um in die kleineren Zähne zu verlaufen.

Betrachtet man im Nachsommer den Rand eines vollständig entwickelten Blattes, so erscheinen die Spitzen der einzelnen Zähne gebräunt und vertrocknet. Einigen derselben sieht man noch ein besonderes kleines Spitzchen aufgesetzt, welches anderen fehlt, doch gewähren diese letzteren nicht mehr den Eindruck der Unverletztheit. Vergleicht man mit einem solchen älteren Blatte ein noch junges, welches erst vor kurzem der Knospe entstieg, aber doch bereits entfältet ist, so sehen wir, wie jeder Zahn des Randes ein deutlich abgesetztes, dunkelroth gefärbtes, conisches Spitzchen trägt. Noch jüngere Blätter sind längs der Mittelrippe derart einmal zusammengefaltet, dass ihre Unterseite sich nach Aussen kehrt, während die beiden Hälften der Oberseite sich eng berühren; durch ein harzartiges Secret, welches in geringerem Maasse auch die Unterseite benetzt, sind sie sogar mit einander verklebt. Dabei sind auf dieser Entwicklungsstufe die Zähne des Blattrandes nicht, wie später, in der Ebene der Blattspreite ausgebreitet, sondern sie sind in hohem Grade der Oberseite zugebogen, an dem noch zusammengefalteten Blatte derart nach einwärts gekrümmt, dass sie sich in die Falz hineinbiegen. Die Spitzen dieser Blattzähne sind zu eigenthümlichen Secretionsorganen umgewandelt, welche durch Absonderung eines reichlichen Balsams in der Knospe bei Prunus die Stelle von Trichom-Colleteren vertreten.

Am Stiel des Blattes finden sich, bald ganz nahe an die Lamina hinangerückt, bald einige Millimeter von derselben entfernt eigenthümliche, röthliche, fleischige Warzen; sie stehen auf den Rändern der Rinne, die den Blattstiel durchzieht, in der Regel zu zweien und dann einander gerade oder schräg gegenüber, seltener zu drei oder gar zu vier. Es sind das fleischige Polster von 1 bis 2 Millimeter Dicke und bald mehr kreisrunder, bald elliptischer Basis und an der Spitze meist etwas eingedrückt, von einer glänzenden Epidermis überzogen; in der seichten Vertiefung der Oberfläche sammelt sich ein klarer Flüssigkeitstropfen an, welchen schon die Zunge als Nectar zu erkennen giebt, er ist nicht weniger süss, als der Nectar z. B. der Labiaten-Blumen. An den betreffenden Organen ganz junger Blätter bemerkt man noch nichts von dieser Flüssigkeit, später sammelt sich zuerst in dem Mittelpunkt der Oberfläche ein kleines Tröpfchen, das sich bald vergrössert; an noch älteren, wir können wohl sagen Drüsen, hört die Secretion wieder auf, an ganz alten Blättern sind auch die Drüsen vertrocknet, an bräunlichen oder schwärzlichen Flecken der Blattstiele erkennt man nur den Ort, wo sie sich einst befanden. Ich habe nie bemerkt, dass Bienen oder andere geflügelte Insecten diesen Honig aufsuchten, es liegt das wohl an den fehlenden Lockmitteln; begierig aufgesaugt wird er dagegen von Ameisen, die ja gerne auf Sträuchern und Bäumen umherkriechen und denen sich hier eine willkommene Gelegenheit zum Naschen darbietet.

Beide Bildungen also, sowohl die Zähne der Spreite als auch die Drüsen des Stiels sind Secretionsorgane; diese beiden Arten von Organen scheiden jedoch nicht nur ein ganz verschiedenes Secret aus, sondern auch zu verschiedener Zeit, indem die Secretion der Blattzähne an dem noch nicht entfalteten Blatt stattfindet, die Honigabsonderung der Drüsen des Petiolus dagegen erst am entwickelten Blatt auftritt, ja, die Drüsen selbst entstehen auch viel später als die Blattzähne. Dennoch sind beiderlei Organe morphologisch gleichwerthig. Um dies darzuthun, ist es nöthig, die anatomische Structur und die Entwickelungsgeschichte beider ins Auge zu fassen.

Betrachtet man einen Blattzahn im Längsschnitt, welcher senkrecht zur Spreite steht, so sieht man den Durchmesser desselben — senkrecht zur Spreite — an Länge zunehmen, der Zahn selbst ist dicker als der übrige Theil des Blattes. Es beruht dies auf einer Wucherung der Mesophyllzellen, welche sich hier lebhafter

vermehren und besonders dadurch sich auszeichnen, dass ihre Gestalt eine gleichartig parenchymatische wird, dass der Gegensatz zwischen Ober- und Unterseite des Blattes geringer wird und endlich verschwindet, und dass die Zellen keine nennenswerthen Intercellularräume zwischen sich lassen. Der Nerv (Fibrovasalstrang) verläuft in der Mitte dieses Grundgewebes und endet blind gegen die Spitze zu. Hier findet sich eine Einschnürung; jenseits derselben erweitert sich der Blattzahn wieder zu jener roth gefärbten, glänzenden Spitze, welche die Trägerin der secernirenden Function darstellt. Auch in diesem letzten Abschnitt des Zahnes ist das parenchymatische Grundgewebe ein gleichartiges; in manchen Zellen, wie auch bereits im vorhergehenden Theile, finden sich Drusen von Kalkoxalat-Krystallen. Der Inhalt aller dieser Zellen ist wenig characteristisch, er enthält eine nicht unbeträchtliche Menge Gerbstoff und in den peripherischen Zellen z. Th. rothgefärbten Zellsaft.

Um so eigenthümlicher ist das Verhalten der Epidermis. An der Blattspreite besteht der Unterschied, dass die Epidermis der Oberseite grosszelliger ist, als die der Unterseite, eine Differenz, welche sich an der Spitze des Blattzahns allmählig ausgleicht; dabei ist die Epidermis besonders Gerbstoff-haltig. Von der Einschnürung an, also an dem letzten, gleichsam aufgesetzten Spitzchen des Blattzahns ändert sich ihr Verhalten jedoch vollständig. Ihre Zellen, bis dahin kubisch, theilen sich schnell durch radiale, auf einander senkrechte Scheidewände in zahlreiche, sehr schmale prismatische oder richtiger prismatisch-keilförmige Zellen, da sie sich von der Aussenfläche nach Innen zu ein wenig verschmälern; diese Zellen verlängern sich noch in radialer Richtung, so dass sie die weiter zurückliegenden Epidermidalzellen etwa um das Doppelte übertreffen; dann spaltet sich die ganze Schicht durch tangentiale Scheidewände in zwei Schichten, welche zusammen also der Epidermis des übrigen Blattes äquivalent sind, aus ihr hervorgingen.

Diese Doppelschicht prismatischer Zellen ist der eigentliche Heerd der Secretion, der Zellinhalt besteht aus einem hellgrauen, stark lichtbrechenden, feinkörnigen Plasma. Wie an den übrigen Theilen des Blattes, so bilden auch hier die Aussenwände der Epidermis eine zusammenhängende Cuticula. Diese Cuticula bildet besonders auf der Blattoberseite und hier wieder hauptsächlich auf den Nerven äusserst zahlreiche, faltenartig hervorragende Zacken,

welche gewiss dazu dienen, die Verbreitung des flüssigen, von den Zähnen ausgeschiedenen Secrets zu begünstigen. An der secernirenden Fläche ist die Cuticula glatt; sie verhält sich dabei genau wie die Cuticula an Trichom-Colleteren anderer Pflanzen, ihre innere Schicht quillt auf und hebt die zusammenhängenden äusseren Schichten blasenartig empor; die darunter liegenden Zellwände der Secretionszellen runden sich ab und der Zwischenraum zwischen diesen und der Cuticula füllt sich mit dem hier vorwiegend aus Balsam bestehenden Secret, welches dann an einzelnen Stellen die Cuticular-Blase sprengt und besonders die Zwischenräume der Blattzähne und die Falz zwischen den beiden zusammengefalteten Blatthälften (Oberseiten) ausfüllt.

Man sieht, diese äussersten Spitzen der Blattzähne verhalten sich functionell wie die von Hanstein eingehend beschriebenen, bei vielen Pflanzen vorkommenden Trichomzotten; sie unterscheiden sich nur dadurch, dass sie eine andere morphologische Werthigkeit besitzen, dass sie wirkliche Abschnitte des Blattes selbst sind, primäre Ausgliederungen desselben.

Dies beweist noch deutlicher als der bloss anatomische Zusammenhang ihre Entwickelungsgeschichte.

Nachdem ein Blatt am Vegetationshügel als rundliches Blastem entstanden, tritt sehr bald ein bilaterales Wachsthum ein; kaum hat dann die junge Blattanlage eine gewisse Länge erreicht, so neigen sich seine beiden Oberseiten bereits zusammen, um später in enger Faltung aneinander zu schliessen. Nach dem ersten Zusammenneigen der beiden Blatthälften zeigt der Rand derselben bereits eine leichte wellenförmige Ausschweifung, die erste Andeutung der späteren Serratur. Alle Zellen der jungen Blattsubstanz sind noch ziemlich gleichmässig meristematisch, dennoch ist bereits eine zarte Cuticula gebildet. Auf dieser embryonalen Stufe des jungen Blattes zeigt sich noch eine eigenthümliche Erscheinung. Nicht blos über den Anfängen der Zähne, sondern über den ganzen Körper des Blattes zeigt sich die Cuticula blasenförmig abgehoben; darunter wird dann wieder eine neue Cuticularschicht von den Dermatogen-Zellwänden gebildet. Die innerhalb der äusseren Cuticularblase gelegene Flüssigkeit ist vollkommen hyalin, sie kann nur aus einer sehr dünnen Schleimmasse bestehen, in welche das Blatt in seinen jüngeren Zuständen in der Knospe eingebettet ist, und den es an seiner ganzen Oberfläche producirt (vgl. Fig. 3).

Die jungen, niemals spitzen sondern vollkommen abgerundeten Zähne wachsen demnächst verhältnissmässig stärker als die eigentliche Blattspreite; sie eilen derselben bedeutend in der Entwickelung voraus. Uebrigens entwickeln sich die der Spitze des Blattes näher gelegenen Zähne früher als diejenigen der Basis, welche oft noch weit zurückbleiben. Dann treten an den Hauptzähnen die kleineren Nebenzähne auf, und später erst neigen sie sich alle der Falz zu und in diese hinein. Inzwischen verlängern sich diejenigen Dermatogenzellen, welche die Spitze der Zähne bekleiden in radialer Richtung, sie theilen sich in die bereits oben beschriebenen schmalen Prismen und spalten sich schliesslich in zwei Schichten, womit der Entwicklungsgang im Wesentlichen beendet ist. Hinzugefügt mag noch werden, dass sobald diese Dermatogenzellen ihre characteristische Umformung bewerkstelligt haben und zu Dauerzellen geworden sind, sie auch beginnen, das harzige Secret auszusondern.

Aber nicht blos den Laubblättern sind diese secernirenden Blattzähne eigen. Jeder Spross der Pflanze, also jede Knospe beginnt mit einer Anzahl von Niederblättern; auch diese Niederblätter sind am Rande mit grossen Zähnen besetzt, welche ebenfalls Theile des Blattes sind und sich dadurch auszeichnen, dass die secernirende Epidermis ihre ganze Oberfläche einnimmt und hier überall nur einschichtig zu sein scheint. Ausserdem ist die Oberseite dieser Niederblätter mit langen einzelligen Haaren mit sehr verdickter Zellhaut und engem Lumen bedeckt, welche überall in die Lücken der Knospe hineinragen und hier von dem Secret zu einer Masse verklebt werden.

Ferner sind die Stipulä zu nennen. Dieselben stehen zu zweien am Grunde des Blattstiels, sie sind am unteren Theile zerschlitzt und am Rande mit langen schmalen Zähnen versehen, deren Epidermis auch grösstentheils sich zu prismatischen, secernirenden Zellen modificirt hat. Auch die Kelchblätter tragen am Rande solche secernirende Zähne, so dass jeder disponible Raum, möchte man sagen, an dieser Pflanze mit den Secretionsorganen besetzt erscheint, eine Andeutung dafür, dass ihre biologische Bedeutung keine unwichtige ist.

Es erübrigt jetzt noch die Betrachtung der Nectar absondernden Drüsen des Petiolus; bereits oben wurde darauf aufmerksam gemacht, dass dieselben morphologisch den Spitzen der Blattzähne

gleichwerthig seien; darauf deutet erstens die histologische Structur, und zweitens Uebergangsbildungen zwischen beiden.

Ein Längsschnitt durch eine solche Drüse zeigt, dass dieselbe zum grossen Theil aus parenchymatischem Gewebe besteht, welches mit dem Grundgewebe des Petiolus so ziemlich übereinstimmt, durchzogen von einem Fibrovasalstrange, welcher sich mitunter verzweigt und gegen die Oberseite der Drüse hin blind ausläuft. Das Parenchym ist auch hier besonders gerbstoffreich, in vielen Zellen finden sich Drusen von Kalkoxalat und die Zellen schliessen ziemlich lückenlos an einander.

Die Epidermis verhält sich ganz ebenso wie an den Spitzen der Blattzähne. Ihre anfangs kubischen Zellen theilen sich durch radiale Wände und gehen allmälich über in schmale, wenig keilförmige Prismen; über die Oberseite der Drüse spaltet sich dann die Prismenschicht durch tangentiale Scheidewände in zwei Schichten. Die Zellen dieser Schichten sind von einem ziemlich gleichartigen, stark lichtbrechenden, feinkörnigen Plasma erfüllt; auch Zellkerne sind in ihnen wahrzunehmen. Diese Zellenlagen bereiten den Nectar, dessen Aussonderung in analoger Weise erfolgt wie die des Balsams an den Zahnspitzen. Es ward bereits hervorgehoben, dass diese Drüsen an ihrer Oberseite eine leichte Vertiefung besitzen. In der Mitte dieser Vertiefung beginnt die Cuticula sich zuerst abzuheben, worauf die darunter befindlichen Prismenzellen sich abrunden (Fig. 2). Der so entstandene Zwischenraum füllt sich zunächst mit dem flüssigen Secret, über der Mitte öffnet sich dann die Cuticulardecke mit einem Porus oder einem Spalt durch Zerreissen, worauf der Nectar in Gestalt eines glashellen Tropfens ans Freie tritt. Man kann diesen Tropfen entfernen und nach Verlauf einiger Stunden ist ein neuer Tropfen ausgeschieden; es lässt sich dieser Versuch einige Mal wiederholen, doch wird der Tropfen immer kleiner und endlich hört die Secretion ganz auf. Dabei scheint es gleichgültig zu sein, ob die betreffenden Drüsen noch mit dem Stamm und der Wurzel ihrer Stammpflanze in Verbindung stehen oder nicht; wenigstens gelang es mir die soeben erwähnte, wiederholte Tropfenausscheidung ebenso gut an abgeschnittenen Zweigen zu beobachten, welche in Wasser gestellt waren, ja es treten so gar neue Tropfen an Zweigen hervor, welche abgeschnitten stundenlang auf dem Tische gelegen hatten, so dass ihre Schnittflächen geschrumpft waren; die Secretion geht also vor sich ohne Mitwirkung des Wurzeldrucks.

Die Entstehung dieser Drüsen oder Nectarien ist eine verhältnissmässig späte. In der geschlossenen Knospe, vor der Streckung des Petiolus ist keine Spur davon sichtbar. Erst später, nachdem die Blätter bereits theilweise sich entfaltet haben, bemerkt man kleine Anschwellungen am Blattstiel. Dieselben entstehen wie die Auszweigung eines Blattes; sie kommen dadurch zu Stande, dass eine Gruppe der Periblemzellen des Blattstiels anhebt sich zu theilen, die Epidermis aufzutreiben und gleichfalls zur Theilung zu veranlassen. So entsteht eine Erweiterung der eigentlichen Blattsubstanz, eine Auszweigung derselben; in dem aus dem Periblem hervorgegangenen Grundgewebe differenzirt sich dann ein Fibrovasalstrang, welcher nach rückwärts an den Fibrovasalkörper des Blattstiels anschliesst; die Epidermis wandelt sich zuletzt in der angegebenen Weise um in die beiden secernirenden Prismen-Schichten.

Mannigfache Uebergangsformen verbinden nun diese Nectarien mit den Zotten der Blattzähne.

Zunächst können die Nectarien ganz nahe an die Lamina hinanrücken. Dann kann selbst der unterste Blattzahn sich in ein solches Nectarium umbilden, welches an Grösse nur wenig hinter denen des Petiolus zurücksteht (Fig. 1). Ueberhaupt findet man bei den meisten Blättern den untersten oder auch wohl die beiden untersten Zähne jeder Blatthälfte nicht Harz sondern Nectar absondernd. Es steht dies in Zusammenhang mit der späten Entwickelung dieser Zähne, welche kaum früher stattfindet als diejenige der Drüsen des Petiolus.

Durch diese Verhältnisse scheint mir die morphologische Identität der verschiedenen in Rede stehenden Gebilde dargethan. Es bieten diese Apparate der Blätter von Prunus avium ein Beispiel dar wie zwei Secretionsorgane, deren Secret ein ganz verschiedenes ist und deren Bedeutung für den Haushalt der Pflanze ebenfalls eine ganz verschiedene sein muss, morphologisch gleichwerthig sein können.

Andere Arten von Prunus mit ähnlicher Bildung.

Die grosse Mehrzahl der Arten von Prunus scheint sowohl in der Production der Honigdrüsen als auch der Zotten an den Blattzähnen sich an Pr. avium anzuschliessen, welche demnach als Haupttypus der Gattung gelten darf. Dennoch finden sich hier

einige unwesentliche Abweichungen, die Nectarien fehlen mitunter ganz, so dass einige kurze Notizen über eine Anzahl anderer Species nicht ohne Interesse sein dürfte. Wo die Harzzotten des Blattrandes nicht erwähnt werden, verhalten sie sich wie bei P. avium. Endlich zeigen einige Arten wesentliche Differenzen, die dann später unserer genaueren Betrachtung unterzogen werden sollen.

Pr. insititia (Culturform) trägt paarweise Nectarien am Blattstiel, oder eins am Blattstiel und eins an dem untersten Zahn der gegenüberstehenden Hälfte der Blattspreite, oder hier paarweise sich gegenüber, oder nur eins an letzterem Orte, oder die Nectarien fehlen ganz; diese wechselnden Verhältnisse können an einem Spross sich beisammen finden.

Bei Pr. domestica finden sich meist zwei Paare von Nectarien an dem untersten Theil der Spreite und sind durch Uebergangsformen mit den Zotten verbunden.

Pr. cerasifera besitzt sehr kleine Nectarien an den beiden untersten Zähnen der Lamina oder gar keine.

Die Nectarien finden sich bei Pr. spinosa an der Grenze zwischen Stiel und Spreite, fehlen aber nicht selten ganz.

Pr. Padus trägt die Nectarien meist wie Pr. avium.

Bei Pr. Mahaleb sitzen dieselben am Stiel, mitunter an der gewöhnlichen Stelle der Spreite, zuweilen fehlen sie. Hier findet sich ziemlich constant in der Mitte der Vertiefung der Oberseite eine leicht warzenförmige Erhöhung.

Bei Pr. finden sich Nectarien paarweise am Blattstiel oder einzeln am Grunde der Spreite und gehen dann in die Zotten über oder sie fehlen ganz.

Pr. semperflorens besitzt Nectarien an den beiden untersten Blattzähnen.

Bei Pr. sinensis fehlen die Nectarien ganz oder sie sitzen rudimentär an den untersten Zähnen der Spreite.

Bei Pr. Maroccana finden sich die Drüsen einzeln oder zu zweien dicht unterhalb der Spreite am Blattstiel; sie fehlen den kleineren Blättern, welche zur Zeit der Blüthe an den blühenden Zweigen stehen.

Pr. Texana, Nectarien an den beiden untersten Blattzähnen.

Pr. (Cerasus) orientalis. Desgleichen.

Pr. (Cerasus) brachypetala. Nectarien scheinen zu fehlen.

Pr. Chamaecerasus. Nectarien an den untersten Zähnen oder fehlend.

Pr. biflora. Nectarien zu zweien dicht unterhalb der Spreite.

Pr. candicans. Nectarien an den untersten Zähnen, aber wenig entwickelt.

Pr. pubescens. Nectarien fehlen (?)

Pr. depressa. Nectarien mehr oder weniger rudimentär am Grunde der Blattspreite.

Pr. serotina. Die Zotten scheinen von den Blattzähnen abzufallen. Nectarien am untersten Theil der Spreite, oft rudimentär.

Pr. Virginiana. Nectarien paarweise am Blattstiele.

Pr. pumila. Nectarien rudimentär an dem untersten Theil der Spreite.

Pr. incana. Desgleichen.

Pr. hiemalis. Nectarien fehlen.

Pr. pensylvanica; meist nur ein Nectarium an dem untersten Theil der Spreite.

Pr. persicifolia. Nectarien am Petiolus, am untersten Theil der Spreite oder fehlend.

Pr. Armeniaca. Nectarien am mittleren Theile des Blattstiels zu mehreren über einander.

Aus dieser vergleichenden Uebersicht einiger z. Th. recht verschiedenartiger Species folgt, wie unbestimmt das Stellungsverhältniss der Nectarien ist. Auch muss die Bedeutung derselben für die Oeconomie der Pflanze eine sehr geringe sein, da sie bald fehlen, bald da sind. Wo sie sich aber finden, zeigen sie in ihren histologischen Verhältnissen keine irgendwie erhebliche Abweichung von dem an Pr. avium geschilderten Typus.

Pr. Laurocerasus.

Auch die lederartigen immergrünen Blätter von Pr. Laurocerasus besitzen Nectarien, die aber eine ganz andere Stellung am Blatte einnehmen, als die bisher betrachteten Arten.

Jeder Zahn des Blattrandes von Pr. Laurocerasus wandelt seine Spitze in eine harzaussondernde Zotte, wie bei den übrigen Arten von Prunus; dagegen findet man weder am Blattstiel noch am unteren Rand der Spreite Spuren von Nectar-Drüsen. Anstatt dessen trägt die Rückfläche (Unterseite) des Blattes zwischen den Nerven einzelne, kreisförmig umschriebene, leicht vorgewölbte

Stellen, welche morphologisch und functionell die Nectarien der anderen Arten vertreten.

Ein Längsschnitt zeigt, dass diese Hügel gebildet werden hauptsächlich durch eine Wucherung des parenchymatischen (periblematischen) Gewebes der Blattunterseite; die Zellen sind polyedrisch und schliessen meist ohne Intercellulargänge an einander. Drüber hinweg zieht sich die Blatt-Epidermis, welche auch in diesem Falle durch radiales Wachsthum und Theilung der Zellen in derselben Richtung sich in zahlreiche schmale Prismen zerlegt und sich dann in zwei Schichten spaltet. Das Eintreten eines Fibrovasalstranges in diesen Gewebekörper habe ich nicht wahrgenommen, derselbe ist dazu auch zu flach. Die Aussonderung des süssen Secrets erfolgt ebenso, wie bei den übrigen Arten. An älteren Blättern findet man diese Nectarien vertrocknet, an ihrer Stelle sieht man bräunliche Flecke, gleichsam Corrosionen der Blattfläche.

Diese Nectarien bei Pr. Laurocerasus zeigen also denselben Bau wie bei Pr. avium; es sind hier jedoch nicht seitliche Ausbuchtungen des Blattrandes, sondern sie stehen mit ihrer Wachsthumsaxe senkrecht auf der Blattfläche, und zwar vom Rande entfernt. Dennoch wird man kein Bedenken tragen, sie morphologisch neben die Nectarien der übrigen Arten zu stellen. Da sie als accessorische Bildungen des Blattes aus dessen subepidermidalem Parenchym hervorgehen, so würden sie nach neuerer Begriffsbestimmung unter die Rubrik „Emergenzen“ zu rechnen sein.

Analog dieser Art verhält sich z. B. Pr. Lusitanica.

Pr. Carolinensis.

Während schon der Typus des Pr. Laurocerasus durch seine glänzenden, lederartigen, immergrünen Blätter von der Formation der Arten mit periodischen Blättern abweicht, so entfernt Pr. Carolinensis sich davon noch weiter.

Seine lederartigen Blätter tragen am Rande stachelspitzige Zähne, welche an diejenigen von Mahonia oder Ilex erinnern; und die Uebereinstimmung mit dem letzteren wird noch dadurch erhöht, dass die Blätter hinsichtlich ihrer Zähne im höchsten Grade variiren. Manche Blätter tragen Zähne an ihrem ganzen Umfange regelmässig und gleich vertheilt, bei anderen hingegen findet man nur die eine Hälfte des Blattes mit Zähnen besetzt, an der anderen Hälfte sitzen vielleicht nur ein Zahn oder wenige; dasselbe kann

bei beiden Blatthälften der Fall sein und endlich kommen auch völlig ganzrandige Blätter vor.

Die Zähne selbst haben ein ganz anderes Aussehen wie bei Pr. avium. Sie sind nicht weich wie dort sondern fest und stachelspitzig. Die Structur zeigt keinerlei Abweichungen von den übrigen Theilen des Blattrandes. Die Epidermis besteht an der Spitze des Zahnes auch aus den gewöhnlichen, kubischen Zellen, das darunter liegende Parenchym zeigt nichts bemerkenswerthes.

Von Secretion kann bei diesen Zähnen im älteren Stadium keine Rede sein, eine derartige Function leisten sie, abgesehen von ihrer jüngsten Entwicklungsstufe, nicht für die Pflanze; damit mag auch wohl in Zusammenhang stehen, dass die Zähne in wechselnder Zahl am Blattrande vorkommen können und häufig ganz fehlen; es ist dadurch ihre Entbehrlichkeit für den Haushalt der Pflanze genugsam dargethan.

Auf der Rückseite der Blätter finden sich 2 bis 3 Nectarien von derselben Beschaffenheit wie bei Pr. Laurocerasus.

Persica vulgaris.

Die Blätter von Persica stimmen so vollkommen mit denen des gewöhnlichen Typus von Prunus überein, dass wir uns auf eine kurze Notiz beschränken können. Die Zähne tragen eben solche harzabsondernde Zotten wie bei Pr. avium. Am Blattstiel stehen meist zwei Nectardrüsen, oder auch nur eine und eine andere am Grunde der Spreite. Diese Nectarien zeigen in ihrer Structur nichts abweichendes; ihre äussere Gestalt stimmt mit derjenigen bei Pr. Mahaleb am meisten überein, indem die Oberseite eine von einer ringförmigen Vertiefung umgebene Warze trägt.

Amygdalus.

A. communis trägt ebenfalls Nectarien am unteren Theil der Spreite, welche allmählige Uebergänge zeigen zu den Zotten, die die Spitze der Blattzähne einnehmen. A. nana wandelt auch wie alle untersuchten Amygdalus-Arten die Spitzen ihrer Blattzähne in Harz-Zotten um; die Nectarien sind klein und sitzen am untersten Theil der Spreite. Ebenso verhält sich Am. Besseriana, scoparia, Kotschyi mit paarweisen Nectarien. Bei Am. leiocarpa scheinen die Zotten später abzufallen; die untersten Zähne tragen Uebergangsgebilde zwischen Nectarien und Zotten.

Spiraea salicifolia.

Die Nervatur der Blätter ist ähnlich derjenigen der Amygdalaceen, wie sie an Prunus avium beschrieben wurde. Der Rand ist ungleichmässig gezähnt, mit grösseren Zähnen wechseln kleinere. Diese Zähne sind, wenigstens am jungen Blatte, lang und schmal und an der Spitze abgerundet. In jeden Blattzahn tritt aus der Spreite ein Nervenast ein; derselbe verläuft mit garbenförmig divergirenden Gefässen. Ueber seiner Endigung befindet sich eine Gruppe von Spaltöffnungen. Der übrige Theil des Blattzahnes ist von einem Parenchym mit gleichartigen, polyedrischen Zellen angefüllt. Die Epidermis besteht am ganzen Zahne aus kubischen Zellen, an der Spitze aus grösseren, mit schleimigem, stark lichtbrechendem Inhalt und breiter, in ihren innersten Schichten verschleimter Cuticula. Diese Blattzähne sondern in ihren jüngeren Stadien Schleim aus und findet man dann nicht selten die Cuticula emporgehoben.

Kerria japonica (Fig. 4).

Das Blatt von Kerria ist dem Blatte von Spiraea ähnlich; es trägt eine grosse Menge Borstenhaare mit knotig rauher Oberfläche und sehr stark verdickter Membran. Die Zähne des Randes sind lang zugespitzt lanzettlich; der in einen Zahn eintretende Nerv endigt blind eine Strecke unterhalb der Spitze desselben, indem die Gefässe, ein wenig divergirend, im Grundgewebe aufhören. Der oberhalb der Nervenendigung gelegene Theil einer Zahnspitze wird zum Secretionsorgan, indem zunächst die Zellen desselben eine gleichartige Gestalt annehmen und schneller auswachsen, als die Zellen des übrigen Theils der Blattspreite; während letztere stellenweise noch in Theilung, jedenfalls in Streckung begriffen sind, haben die secernirenden Zellen bereits am ganz jugendlichen Blatte ihre endgültige Grösse erreicht. Dadurch kommt es auch, dass schon frühzeitig die Spitze des Zahns als ein etwas angeschwollener, ovaler Körper sich deutlich abhebt, welchem Behaarung und Spaltöffnungen fehlen. Die Zellen selbst sind alle ziemlich isodiametrisch, diejenigen der Oberhautschicht kurz-keilförmig, die inneren mehr rundlich; alle sind mit gerbstoffreichem Schleim erfüllt, welcher die ziemlich starke, aber in ihren innersten Schichten ebenfalls verschleimende Cuticula emportreibt

und schliesslich durch dieselbe hindurch sich entleert. An den älteren Blättern nehmen diese Köpfchen der Zahnspitzen bald ein bräunliches Aussehen an, um später zu vertrocknen.

Rubus fruticosus.

Abgesehen von den Stacheln finden sich auf der Unterseite der Blätter von Rubus fruticosus in grosser Menge Borstenhaare, deren Membranen bald mehr, bald weniger stark verdickt sind, aber bei allen der Spitze zu kein Lumen mehr erkennen lassen. Ausserdem finden sich am jugendlichen Blatte auf beiden Blattflächen eine grosse Zahl von Schleim absondernden Trichom-Zotten. Dieselben tragen auf einem mehrzelligen Stiel ein Köpfchen aus fächerförmig gestellten, keilförmigen Aussonderungszellen, von denen eine kleine Gruppe innerer Zellen eingeschlossen wird. Damit, dass hier bereits ein sehr ergiebiger Apparat der Schleim-Absonderung durch Haargebilde hergestellt wird, scheint im Zusammenhang zu stehen, dass die Secretion der Spitzen der Blattzähne eine sehr geringe ist, dass darum auch ihre Structur von derjenigen der übrigen Spreite sich kaum unterscheidet; doch ist eine Betheiligung, wenn auch nur eine untergeordnete, an der für die Knospe nöthigen Schleim-Production vorhanden. — Die Zähne des Blattrandes sind ungleich, grössere wechseln mit kleineren; der in einen Zahn eintretende Nerv endigt in einiger Entfernung von der Spitze, darüber liegen einige kleine Spaltöffnungen. Das parenchymatische Grundgewebe wird allmählig gleichartiger, allein der Inhalt der Zellen zeigt keinen Unterschied von dem des übrigen Blattparenchyms. Die Zellen der Epidermis dagegen strecken sich an der äussersten Spitze des Blattzahns mehr als sonst und theilen sich etwas häufiger durch radiale Wände. Dadurch entstehen denn an der Spitze der Zähne kleine Gruppen keilförmiger Zellen, und diese sind Schleimproducenten und unterstützen die Thätigkeit der Trichomzotten.

Rubus Idaeus.

Auch die Blätter der Himbeeren tragen wie die der Brombeeren ausser vielen einzelligen Borsten Schleim aussondernde Trichom-Zotten auf der Blattfläche, und zwar vorwiegend auf den Nerven; doch sind diese Colleteren kleiner und in geringerer Menge vorhanden als bei R. fruticosus. Dafür nehmen die jungen Blattzähne wieder etwas lebhafter Theil am Secretionsgeschäft. Die Zähne

sind auch hier von ungleicher Grösse, in jedem einzelnen endigt ein Nerv unterhalb der Spitze, über welchem sich einige kleine Spaltöffnungen befinden. Dabei lassen jedoch die Structurverhältnisse und die Form der Zellen keine Verschiedenheit vom übrigen Blatte erkennen, die Epidermis ist an der Spitze ebenso kleinzellig wie anderswo und das darunter gelegene Parenchym ist ein gleichmässiges, kleinzelliges Gewebe. Nur der Inhalt der Zellen unterscheidet sich durch seinen Gehalt an Schleim von dem des übrigen Mesophylls, und scheint es mir keinem Zweifel zu unterliegen, dass hier die Blattzähne Reservoire von Schleim zum Behufe der Secretion darstellen.

Fragaria elatior.

Die Blätter dieser Erdbeere sind auf beiden Seiten mit Borstenhaaren bedeckt, an denen man fast kein Lumen mehr wahrnimmt und tragen ausserdem auf der Oberseite wenige, kleine, aus nur einer Zellreihe bestehende Trichom-Zotten, welche Schleim secerniren. Die Blattzähne sind sehr gross, ziemlich gleichartig und jeder endigt in eine deutlich abgesetzte, sehr schmale und lange Spitze, die meistens von einem Schopf von Borstenhaaren ganz umhüllt wird. Diese Spitzen bestehen aus wenigen Zellreihen, die eine Verlängerung der Epidermis des Blattzipfels darstellen, in welche kein Innenparenchym des Blattes hineinragt. Die Zellen dieser Spitzen sondern Schleim aus. Unterhalb dieser äussersten Spitze endigt, in kleinzelliges, farbloses Parenchym eingebettet, ein breiter Nerv, über welchem man, wie bei Alchemilla, eine Gruppe von Spaltöffnungen wahrnimmt.

Rosa centifolia.

Die Gattung Rosa bietet ein prägnantes Beispiel dar für die secernirende Thätigkeit der Blattzähne. Es findet in der Knospe eine reichliche Aussonderung von Blastocolla statt — ich bediene mich dieses Ausdrucks, weil das Secret der Rosa sowohl aus Harz als aus Schleim besteht — und das einzige Organ der Secretion sind eben die Spitzen der Blattzähne. Die Secretion findet sowohl an den Fiderblättchen statt als auch am Rande der Stipulä, welche flügelartig dem Blattstiel angewachsen sind. Am Rande dieser Stipulä stehen in regelmässiger Entfernung kleine kurz gestielte Köpfchen, welche den Zähnen am Rande der Fiederblättchen äquivalent sind. Es geht dies aus ihrer Stellung hervor,

aus dem Vergleich mit den Zähnen der Blätter und aus ihrer Entwickelungsgeschichte. Der Stiel dieser Köpfchen besteht aus gleichartigen, polyedrischen Zellen, diejenigen der Epidermis sind so ziemlich rechtwinklig. Das Köpfchen kommt nun dadurch zu Stande, dass die Epidermiszellen sich in radialer Richtung strecken und sich durch radiale Wände in lange, schmale, keilförmig-prismatische Zellen theilen; diese Prismenzellen schliessen eine Gruppe rundlich-polyedrischer, dem Grundgewebe entstammender Zellen ein. Die Prismenzellen sondern das vorwiegend harzige Secret aus, welches die Cuticula als grosse Blase abhebt. Ein Gefässbündel tritt in diese secernirenden Stipularzähne nicht ein, doch endigt ein solches vor den meisten dieser Zähne noch in der Stipularfläche.

Was die Fiedern der eigentlichen Blätter anlangt, so besitzen dieselben am Rande zwei Arten von Zähnen. Die einen sind grösser, sie verschmälern sich aus breiterer Basis allmählich in eine Spitze, ebenso verhält sich der Endzahn oder End-Zipfel des Blattes. Mit diesen grösseren Zähnen wechseln, doch nicht regelmässig, kleinere Zähne, deren Spitze nicht durch allmählige Verschmälerung des Blattzipfels sich bildet sondern sich als eiförmiges Köpfchen scharf abhebt und sich dadurch an die Stipular-Zähne anschliesst. An der Basis des Blattes nehmen die Zähne fast alle diese letztere Gestalt an, während nach der Spitze zu, die ja älter ist, die erstere Form der Zähne überwiegt. Dabei macht sich eine functionelle Sonderung dahin geltend, dass die grösseren, flachen Zähne vorzugsweise das Geschäft der Schleim-, die kleineren, köpfchenförmigen das der Harzabsonderung versehen.

Was die Structurverhältnisse dieser modificirten Spitzen der Blattzähne anbetrifft, so stimmen dieselben sowohl unter sich als auch mit den Zähnen der Stipulä nahe überein. Die an der übrigen Blattspreite aus grossen, kubischen, hyalinen Zellen bestehende Epidermis verkleinert an den Blattzähnen dort ihre Zellen, wo der secernirende Abschnitt beginnt; dadurch wird eine Art von Hals am Sägezahn gebildet. An der Spitze desselben beginnen die Epidermiszellen sich aber wieder radial zu theilen und zu strecken, wodurch dann jene für die Stipularzähne beschriebenen keilförmigen Prismenzellen zu Stande kommen. Diese letzteren sowohl als die darunter liegenden gleichartigen Grundgewebezellen füllen sich dann mit dichtem Inhalt; bei der Secretion wird, besonders an den kleineren Zähnen, die Cuticula blasenförmig auf-

getrieben. In den aus der Epidermis hervorgegangenen Prismenzellen kommen häufig, doch nicht an allen Zähnen, Spaltungen durch tangentiale Wände vor.

In jeden Blattzahn tritt ein Nerv ein, dessen Gefässbündel nach einer garbenförmigen Divergenz seiner Gefässe vor der secernirenden Spitze endigt.

Die Entwickelungsgeschichte dieser Zahnspitzen ist analog wie bei Prunus. Im Anfang stellen die Blattzähne localisirte Erweiterungen der Lamina dar, deren meristematisches Gewebe mit dieser vollkommen übereinstimmt; später erst, aber der übrigen Lamina vorauseilend, füllen die Zellen der Spitze sich mit dichterem Inhalt und nehmen die abweichenden, oben beschriebenen Formen an.

Alchemilla vulgaris.

Auch die Blätter von Alchemilla sind mit langen, einfachen Borstenhaaren, besonders auf der Unterseite, besetzt. Die grossen Zähne des Blattrandes tragen in ihrer Jugend eine Schleim secernirende Spitze.

In jeden der Zähne, welche ja sehr ansehnlich sind, treten mehre Nerven ein, meist ein mittlerer und zwei seitliche, welche wieder unter sich durch Anostomosen netzförmig zusammenhängen. Diese drei Nerven conniviren gegen die Spitze zu und verschmelzen hier zu einem breiten Gefässbündel, welches dicht unter der Spitze endigt. Diese Gefässbündelendigung ist eingebettet in ein kleinzelliges Parenchym, über welchem die Epidermis der Oberseite zahlreiche kleine Spaltöffnungen zeigt, aus denen offenbar die so leicht zu beobachtenden Flüssigkeitstropfen austreten. Das letzte Spitzchen ist scharf abgesetzt und besteht aus wenigen Streifen gleichmässiger, polyedrischer Zellen mit durchsichtigem, schleimigem Inhalt, welche die Secretion versehen, der letzte Zipfel dieser Spitze besteht aus nur einer Zellreihe. Hat das Blatt sich später gestreckt, so vertrocknen diese Spitzen und fallen ab. Ausser dieser Zahn-Spitze stehen seitlich am Rande der Blattzähne in der Regel noch Trichomzotten, die aus nur einer Zellreihe bestehend, ebenfalls Schleim aussondern.

Sanguisorba officinalis.

Die Blätter von Sanguisorba tragen auf ihrer Fläche secernirende Haare, die einen aus nur einer Zellreihe gebildeten längeren Stiel und ein keulenförmiges, aus 2 bis 6 Zellen gebildetes Köpf-

chen besitzen. Die Spitzen der grossen Zähne des Blatt-Randes reihen sich dadurch der secernirenden Thätigkeit dieser Trichome an, dass die an der Spitze gelegenen Epidermiszellen sich papillenförmig vorwölben, sich mit dichtem, schleimigem Inhalt erfüllen. Nicht selten wachsen auch einzelne dieser Epidermiszellen zu ebensolchen Trichomzotten aus, wie sie sich an anderen Theilen des Blattes finden. Oberhalb der Endigung der Gefässbündel findet sich auch hier ein kleinzelliges farbloses Parenchym; darüber bemerkt man auf der Blattoberseite eine Gruppe von Spaltöffnungen.

Cydonia japonica.

Bei Cydonia japonica finden sich keine Trichom-Zotten, dafür stellen aber die Blattzähne eine um so ergiebigere Quelle der Blastocolla-Secretion dar. Der Rand des Blattes trägt eine grosse Zahl lanzettlicher Zähne; in dem Einschnitt zwischen zweier dieser Zähne findet sich meist noch ein viel kleineres Zähnchen, mitunter sogar zwei, welche aber ebensogut wie die grossen Zähne Ausgliederungen der Blatt-Lamina sind.

Nicht bloss die Spitze, sondern die grössere Hälfte der Zähne, die kleinen Zwischenzähne sogar ganz, ist zu dem secernirenden Apparate umgebildet. Das reichverzweigte Netzwerk von Nerven der Blattfläche sendet in jeden der Haupt-Zähne ein Gefässbündel, welches in der Mitte derselben endigt. Die Epidermiszellen der Zähne verlängern sich der Spitze zu mehr und mehr in radialer Richtung und theilen sich in keilförmige prismatische Zellen, welche sich mit dichter, stark lichtbrechender Substanz füllen um den Heerd der Secretion darzustellen.

Die darunter gelegenen Grundgewebezellen sind ebenfalls mit metaplasmatischen Stoffen erfüllt, ohne eine abweichende Gestalt zu besitzen; sie dienen wahrscheinlich den der Epidermis entstammenden Aussonderungszellen als Reservebehälter. Bei den kleinen Zwischenzähnen sind die Epidermiszellen zwar weniger radial verlängert, allein ihr stark lichtbrechender Inhalt verräth ihre Function. Vor der Secretion bemerkt man auch hier eine Loslösung der äusseren Cuticularschicht und Ansammlung des flüssigen Secrets unter derselben. — Die Stipulä verhalten sich den Hauptblättern gleich.

Crataegus monogyna.

Die Zähne der Blätter dieser Pflanze verhalten sich ebenso wie die der vorigen; nur bilden die zum Secretionsorgan umge-

stalteten Spitzen ein gegen den übrigen Theil des Zahnes deutlich abgesetztes Köpfchen. Vor diesem Köpfchen endet der in den Zahn eingetretene Nerv, und das Köpfchen kommt dadurch zu Stande, dass die Epidermis sich erweitert und durch radiale Wände ihre Zellen in schmale, keilförmige Prismen theilt, die sich alsbald mit dichterem Inhalt füllen um zu secerniren; auch hier findet ein Auftreiben der Cuticula statt. Uebrigens wird hier in den Zahn-Spitzen vorzugsweise harziges Secret ausgeschieden; auch bei dieser Pflanze beobachtete ich, dass im Jugendzustande die ganze Blattoberfläche Schleim aussondert, wodurch die ganze Cuticula emporgehoben wird.

Pirus Malus.

Die Blattzähne tragen scharf abgesetzte Drüsenspitzen, welche ganz denjenigen von Cydonia japonica entsprechen. Ein solches Spitzchen besteht aus einigen axilen Zellreihen und schmal-keilförmigen Epidermiszellen, die das Secret bereiten; am entwickelten Blatte bräunen sich diese Drüsenspitzen, vertrocknen und fallen zuletzt ab. Die Drüsenspitzen der Zähne von P. Botryapium unterscheiden sich nur dadurch von denen des P. Malus, dass sie mehr verlängert sind und die Blattsubstanz allmähliger in dieselben übergeht.

Myrospermum pubescens.

Die Blattzähne biegen sich der Oberseite zu; sie sind fast ganz zu einem Drüsenkörper modificirt, welcher an seinem unteren Theil eiförmig gedunsen ist, an seinem oberen allmählig sich zuspitzt. Die Epidermis, welche ein inneres Parenchym einschliesst, besteht ganz aus langen, schmalen, radial gestellten Prismen. In dem von diesen Drüsen abgesonderten Schleim fand ich Colonien von Nostocaceen und keimende Pilzsporen.

Vicia Faba (Fig. 5).

Die Unterseite der Stipulä trägt einen oder mehre, an ganz jungen Blättern hellgrüne, an älteren dunkel-violett gefärbte Flecke, welche klare Tropfen von Nectar aussondern. Diese Flecke werden gebildet aus zahlreichen, dicht beisammen stehenden, eiförmigen, ganz kurz gestielten Haaren, deren Endglied 1 bis 4zellig sein kann. Diese Haare führen einen körnigen, stark lichtbrechenden Inhalt und gefärbten Zellsaft; sie sind hier das Organ der Nectar-Aussonderung. Die Epidermis und das darunter liegende Parenchym

lassen nichts bemerkenswerthes erkennen. An anderen Arten von Vicia kommen analoge, aber oft grün gefärbte Organe vor.

Alnus cordata.

Die Flächen der jungen Blätter von Alnus sind dicht besetzt mit jenen schildförmigen, harzaussondernden Colleteren, welche durch Hanstein bereits beschrieben worden sind; ausserdem endigt jeder Blattzahn an seiner Spitze in ein diesen Trichom-Zotten ganz ähnliches Secretionsorgan. Die eiförmigen Blattzähne, in welche ein Gefässbündel ausläuft, tragen ein scharf abgesetztes, längliches Spitzchen, welches sich durch seinen Zellen-Inhalt sofort als Drüse verräth. In diesem Spitzchen ist das Grundgewebe nur durch wenige Zellreihen, die aber mit dem subepidermalen Parenchym des übrigen Zahns in Verbindung stehen, vertreten, darüber hat sich die Epidermis in keilförmige Zellen mit radialer Längsaxe getheilt, aus diesen Zellen wird das Secret abgeschieden, zunächst die Cuticula emporgetrieben und dann gesprengt. Die Spitzchen eilen dem übrigen Theile der Zähne und dem ganzen Blatte in der Entwickelung weit voraus, und wenn das junge Blatt beginnt, sich zu entfalten, vertrocknen sie schnell.

Betula alba (Fig. 6).

Die ungleich gesägten Blätter und jungen Internodien von Betula tragen auf der Fläche eine grosse Zahl schildförmiger dicht anliegender Trichom-Zotten, denen von Alnus gleichend. Aber auch die Spitzen der Blattzähne, deren Fläche nackt ist, sind mit einer eiförmig gestalteten Colletere gekrönt, die hier eigenthümlicher Weise nicht genau auf der Spitze steht, sondern etwas unterhalb derselben, wodurch sie mehr auf die — in der Jugend nach Innen gekehrte — Blattoberseite rückt. Es stimmt dies secernirende Spitzchen so ziemlich mit dem von Alnus überein; es besteht aus einigen axilen Zellreihen, die dem innern Blattparenchym entsprechen und keilförmigen Aussenzellen, die aus der Epidermis hervorgingen. Das Gewebe des eigentlichen Blattzahns ist dem des übrigen Blattes gleich; ein Nervenast endigt vor dem Drüsenspitzchen. — Diese Drüsen der Blattzähne functioniren nur im frühsten Knospenzustande und vertrocknen hernach sehr schnell; jedenfalls ist auch das von ihnen dargestellte Drüsengewebe verschwindend klein gegen das der Trichomzotten; auch scheint die Thätigkeit der letzteren vorwiegend dem entwickelteren Blatt zu Gute zu kommen.

stalteten Spitzen ein gegen den übrigen Theil des Zahnes deutlich abgesetztes Köpfchen. Vor diesem Köpfchen endet der in den Zahn eingetretene Nerv, und das Köpfchen kommt dadurch zu Stande, dass die Epidermis sich erweitert und durch radiale Wände ihre Zellen in schmale, keilförmige Prismen theilt, die sich alsbald mit dichterem Inhalt füllen um zu secerniren; auch hier findet ein Auftreiben der Cuticula statt. Uebrigens wird hier in den Zahn-Spitzen vorzugsweise harziges Secret ausgeschieden; auch bei dieser Pflanze beobachtete ich, dass im Jugendzustande die ganze Blattoberfläche Schleim aussondert, wodurch die ganze Cuticula emporgehoben wird.

Pirus Malus.

Die Blattzähne tragen scharf abgesetzte Drüsenspitzen, welche ganz denjenigen von Cydonia japonica entsprechen. Ein solches Spitzchen besteht aus einigen axilen Zellreihen und schmal-keilförmigen Epidermiszellen, die das Secret bereiten; am entwickelten Blatte bräunen sich diese Drüsenspitzen, vertrocknen und fallen zuletzt ab. Die Drüsenspitzen der Zähne von P. Botryapium unterscheiden sich nur dadurch von denen des P. Malus, dass sie mehr verlängert sind und die Blattsubstanz allmähliger in dieselben übergeht

Myrospermum pubescens.

Die Blattzähne biegen sich der Oberseite zu; sie sind fa ganz zu einem Drüsenkörper modificirt, welcher an seinem unter Theil eiförmig gedunsen ist, an seinem oberen allmählig sich spitzt. Die Epidermis, welche ein inneres Parenchym einschlie besteht ganz aus langen, schmalen, radial gestellten Prismen. dem von diesen Drüsen abgesonderten Schleim fand ich Colo von Nostocaceen und keimende Pilzsporen.

Vicia Faba (Fig. 5).

Die Unterseite der Stipulä trägt einen oder mehre, an jungen Blättern hellgrüne, an älteren dunkel-violett gefärbte F welche klare Tropfen von Nectar aussondern. Diese Flecke gebildet aus zahlreichen, dicht beisammen stehenden gestielten Haaren, deren Endglied ganz kurz gestielten Haaren, deren Endglied kann. Diese Haare führen einen Inhalt und gefärbten Zellsaft; Aussonderung. Die Epiderm

Carpinus Betulus.

Das junge Blatt von Carpinus ist mit zahlreichen Borstenhaaren und winzigen, aus nur einer Zellreihe bestehenden Colleteren besetzt. Ausserdem trägt jeder der ovalen Blattzähne ein Secretionsorgan, welches man, da es allein aus der Epidermis hervorgeht, nicht mehr als zipfelförmige Erweiterung der Blattfläche ansehen darf, sondern als Trichom aufzufassen hat; dieses Trichom hat jedoch einen festen morphologischen Ort und entspricht darin vollständig der modificirten Blattzahn-Spitze von Alnus und Betula. Die Colleteren der Zahn-Spitzen von Carpinus haben eine keulenförmige Gestalt; der Stiel besteht aus einer Zellreihe, die länglich keulenförmige Endzelle theilt sich zunächst durch eine Längswand und dann durch einige dazu senkrecht stehende Wände in die Secretionszellen. — Uebrigens dürften auch die obersten Epidermiszellen des Blattzahns selbst wenigstens Schleim aussondern, da sie grösser sind, keilförmig gestreckt und einen dichteren Inhalt haben als diejenigen an der Basis der Zähne.

Corylus Avellana (Fig. 7).

Die jungen Blätter sind sehr reich an Trichomzotten; dieselben sind über alle Theile des Blattes zerstreut, sie sind köpfchenförmig und gestielt, der Stiel besteht aus mehrere Zellreihen; auch jeder Zahn des Blattrandes läuft in eine solche Zotte aus, diese letzteren entwickeln sich und vertrocknen am frühsten und sind als Blastocolla-Lieferanten offenbar für den ganz frühen Jugendzustand bestimmt. Die an der Spitze der Zähne stehenden Zotten sind grösser als die der Blattfläche; morphologisch haben sie aber auch an dieser Stelle nur den Werth von Epidermidal-Producten. Sie bestehen aus einen zweireihigen Stiel und einem Köpfchen, in welches hinein die Zweireihigkeit des Stiels sich fortsetzt.

Rhamnus alpina.

Die jungen Blätter sind der Länge nach zur Oberseite eingerollt: die Zähne am Blattrande tragen ein scharf abgesetztes zur Drüse metamorphosirtes Spitzchen, welches sich krallenartig auf die Blattoberseite hinaufbiegt. Diese, durch eine halsartige Einschnürung von dem eigentlichen, chlorophyllführenden Blattzahn getrennte Spitze ist farblos, sie ist gross und eiförmig aufgetrieben und besteht aus kleinen, polyedrischen, ziemlich isodiametrischen

Zellen, welche von einem axilen Strange gestreckter Zellen durchsetzt werden; der in den Blattzahn eintretende Nervenast endigt unterhalb der Einschnürung. Die in diesen Zellen mit sehr dichtem, stark lichtbrechenden Plasma erzeugte Blastocolla sammelt sich unter der Cuticula der Drüse, treibt dieselbe an einzelnen Stellen blasenartig empor, um sie zuletzt zu durchlöchern und auszutreten.

Willemetia africana.

Die Blätter sind in der Jugend der Länge nach zur Oberseite zusammengefaltet; die Zähne des Randes tragen ein wie bei Rhamnus scharf abgegliedertes, glashelles, zur Zotte metamorphosirtes Spitzchen, welches sich auf die Blattoberseite hinaufbiegt; das Spitzchen besteht aus keilförmigen, peripherischen (der Epidermis entsprechenden) Zellen und einer inneren Gruppe; alle sind von dichtem Plasma erfüllt.

Evonymus japonicus (Fig. 8).

Dieser Strauch — welchen ich leider nur im Spätsommer untersucht habe, so dass ich ausschliesslich auf ausgewachsene Blätter und ganz junge Knospen angewiesen war — trägt auf den Zähnen seiner lederartigen Blätter scharf abgesetzte Spitzen, welche mit denen von Rhamnus vollkommen übereinstimmen, nur länger zugespitzt sind. Ausserdem fand ich aber in den Knospen, wenigstens an den Niederblättern Zähne, wo das Parenchym des Blattes selbst ganz allmählig in die Spitze überging und diese Spitze sich in ein langes, zuletzt aus nur einer Zellreihe bestehendes Haar sich auszieht, dessen Zellen als Schleim bereitendes Organ fungiren. Ob ursprünglich alle Zähne der Blätter in derartige Haarspitzen ausliefen und dieselben nur an späteren Stadien abfallen, harrt noch der Erledigung.

Aristotelia Maqui.

Die Sägezähne am Rande älterer Blätter von Aristotelia Maqui zeigen vertrocknete Spitzen; an jüngeren Blättern findet man den Zähnen aufsitzende, farblose Spitzchen, welche als Secretionsorgane, als Colleteren fungiren; diese Spitzchen schliessen sich ganz an den Typus von Prunus an. Vor jeder Spitze endigt blind ein Nerv; das Gewebe der Spitze selbst besteht aus in Richtung ihrer Längsaxe gestreckten Parenchymzellen und der Epidermis, deren senkrecht zur Oberfläche gestreckte Zellen eine keilförmig-

prismatische Gestalt annehmen und sich dann theilweise durch Tangentialwände in zwei Zellen spalten. In der äusseren Zellwand dieser zum eigentlichen Drüsengewebe modificirten Epidermis quillt eine Schicht zu Schleim auf, welcher zuletzt die Cuticula durchbricht. Der Inhalt der Prismenzellen ist auch hier ein ziemlich dichtes aber durchsichtiges Plasma.

Die Blattzähne entwickeln sich ähnlich wie bei Prunus, sie eilen auch hier in ihrer Ausbildung dem Blatte vorauf.

Staphylea pinnata.

Die scharfen Zähne sind an der Spitze farblos; in dieser letzteren endigt ein Gefässbündel, die dasselbe umgebenden Zellen sind ein farbloses Parenchym mit schleimigem Inhalt; die sonst unveränderte Epidermis trägt auf der Blattoberseite über der Nervenendigung eine Anzahl Spaltöffnungen.

Catha cassinioides.

Die Zähne am Blattrande setzen sich fort in eine keulenförmige Colletere, an deren Basis ein Gefässbündel endigt, und welche aus einigen axilen Zellreihen und einer Aussenschicht bestehen. Die Zellen der letzteren sind an dem oberen Theil der Colletere keilförmig und erweitert und stellen den Heerd einer Blastocolla-Secretion dar, die hier vorwiegend wenigstens aus Schleim besteht und sich zunächst unter der Cuticula anhäuft; übrigens zeigen nicht alle Zähne diese Verlängerung in eine Drüsenspitze, sondern einige entbehren derselben ganz und sind von gewöhnlichen Epidermiszellen bekleidet.

Ribes multiflorum (Fig. 9).

Die Spitzen der Blattzähne zeigen bereits dem unbewaffneten Auge eine helle Färbung; dieselbe rührt daher, dass die hier unterhalb der Epidermis gelegene kleinzellige Parenchymgruppe nur wenig oder kein Chlorophyll enthält. Auch die darüber gelegenen Epidermiszellen sind kleiner, ihre radialen Wände weniger wellenförmig gebogen; auf der Oberseite liegen dicht unter der Spitze 1 bis 2 grosse Spaltöffnungen mit rundem Porus, zur Secretion von Flüssigkeit bestimmt. Unterhalb dieser Spaltöffnungen findet sich eine ziemlich beträchtliche, von hyaliner Flüssigkeit erfüllte Höhle, von den Zellen des farblosen Parenchyms eingefasst. In diese Parenchymgruppe endigen die drei in einen Blattzahn ein-

tretenden und hier zu einem breiten Gefässbündel verschmelzenden Nerven.

Epilobium Dodonaci (Fig. 10 u. 11).

Die Spitze der noch ganz jungen Blätter ist zu einer grossen, Schleim producirenden Zotte modificirt; an den älteren Blättern sind die Spitzen gebräunt und vertrocknet; in die Spitze tritt der Mittelnerv des Blattes ein, um blind darin zu endigen. Die Zellen an der Spitze sind hyalin; diejenigen des inneren Parenchyms von rechteckig-kubischer Gestalt, mehr oder weniger in Richtung der Längsaxe gestreckt, die der Epidermis wenigstens nach aussen hin kugelig aufgetrieben und von einander gesondert. Im Innern führen diese Zellen einen dichten Schleim, welcher durch die Zellhäute der Epidermis hindurch ausgestossen wird. Zuletzt verfallen die Epidermiszellen, später auch die darunter gelegenen, einem von der Spitze nach rückwärts fortschreitenden, vollständigen Desorganisationsprocess.

Ausser dieser grossen, die unmittelbare Fortsetzung der Lamina bildenden Endzotte finden sich am Rande des Blattes eigenthümlich ausgebildete Zähne. Dieselben bestehen fast ganz aus einer besonders an der Unterseite hervortretenden, hellgrünen, glänzenden, knotenförmigen Anschwellung, welche u. A. auch darin an die knotenförmigen Drüsen der Blattstiele vieler Prunus-Arten erinnern, dass sie sich erst spät entwickeln, erst mit der sich streckenden Lamina ihre Ausbildung vollenden; in dem Stadium, wo die Zotte der Spitze functionirt, sind sie noch ganz unentwickelt. Schon von Aussen bemerkt man an diesen knotenförmigen Drüsen eine Einsenkung und in der Mitte derselben eine grosse, einen Eingang zum inneren Gewebe bildende Spaltöffnung; manchmal ist diese Spaltöffnung auch nicht weiter eingesenkt. Ein Längsschnitt durch solche Drüse zeigt, dass der Innenkörper derselben gebildet wird durch eine dichte, farblose Parenchymgruppe, welche die Fortsetzung eines Nerven bildet. Die Zellen dieser Gruppe zeigen noch dieselbe reihenförmige Anordnung, wie die in der Scheide des Nerven gelegenen, sie sind rechtwinklig, gestreckt, schliessen dicht aneinander, manche sind leicht gekrümmt; die ganze Zellgruppe hat eine eiförmige Gestalt, die letzten Gefässe laufen in der Peripherie noch eine Strecke entlang, um dann blind zu endigen. An seinem Vorderende grenzt dieser ovale farblose Gewebekörper unmittelbar an die Epidermis, seitlich wird er umfasst von einigen

Lagen des Mesophylls, diese Zellschichten erscheinen aber oft deutlich zusammengepresst, was darauf hindeutet, dass das eigentliche Drüsengewebe sich spät und völlig selbständig entwickelt. Vorne, wo der Drüsenkörper an die Epidermis grenzt, findet sich unter der grossen, bereits beschriebenen Spaltöffnung ein bedeutender Hohlraum, welcher der Athemhöhle der gewöhnlichen Spaltöffnungen entspricht. Dieser Hohlraum ist von einer klaren, wässerigen Flüssigkeit erfüllt; die Zellen des Drüsenkörpers enthalten Schleim, ob sonst noch bemerkenswerthe Stoffe zur Secretion gelangen, ist mir nicht gelungen, zu erkennen. Oenothera stricta zeigt an den wenig hervortretenden Zähnen ihrer Blattränder Anschwellungen, welche den Drüsen von Epilobium analog sind.

Fuchsia globosa.

Sowohl die Zähne am Rande als auch die Spitze der Blätter laufen in heller gefärbte Knötchen aus, die wie am Blattrande von Epilobium sich erst verhältnissmässig spät entwickeln. Diese Knötchen, die in der Regel der Oberseite des Blattes zugerichtet sind, tragen auf ihrem Scheitel eine Spaltöffnung von ungewöhnlicher Grösse und meist rundem Porus, der zum Austritt eines im Innern abgeschiedenen, flüssigen Secretes dient. Ein Durchschnitt zeigt, dass dieser Canal zunächst in einen kleinen von Flüssigkeit erfüllten Hohlraum führt, unter welchem das eigentliche Drüsengewebe liegt, das sich von demjenigen von Epilobium nur durch seinen, wenngleich geringen, Chlorophyllgehalt unterscheidet; auch hier endigt unter dem Drüsengewebe ein Nervenast, dessen Gefässe pinselförmig divergiren.

Während bei Epilobium die Spitzen der jungen Blätter dem Hauptheil derselben in der Entwicklung vorauseilten und secernirende Zotten darstellten, um frühzeitig zu vertrocknen, so wird bei Fuchsia auch die Blattspitze von den beschriebenen, knotenförmigen Drüsen eingenommen. Dagegen finden sich am Grunde jedes Blattes zwei kleine, pfriemförmige, nach unten sich verbreiternde Stipulä, welche an den Knoten mit ausgewachsenen Blättern bald vertrocknen, in der Knospe dagegen ganz dieselbe Beschaffenheit zeigen, wie die Blattspitzen bei Epilobium, d. h. ihr Gewebe ist mit dichtem Plasma erfüllt und secernirt Schleim und zuletzt überwiegt die Secretion so, das die ganzen Zellen einer schleimigen Desorganisation verfallen; anfangs sammelt sich der Schleim noch unterhalb der Cuticula, später zerreisst dieselbe

und verschwindet gänzlich, die Zellen isoliren sich dann und lösen sich endlich auf.

Die an älteren Stengeltheilen auftretenden Knoten sind Beiwurzel-Anlagen, die von der Rinde bedeckt bleiben.

Decumaria barbara.

Die Pflanze besitzt in ihren Blättern einen sehr ausgiebigen Schleimapparat, indem durch das ganze Blattgewebe zerstreut, besonders aber längs den Nerven, und zwar dem peripherischen Parenchym derselben angehörig, sich grosse, langgestreckte Schleimzellen finden, welche schon ohne Weiteres durch die in ihnen abgelagerten Raphidenbündel sich zu erkennen geben. Die nur kurzen Zähne am Blattrande erinnern an Philadelphus (s. u.). Die Epidermiszellen über der Spitze derselben sind nicht abweichend gebaut, auf der Oberseite finden sich einige Spaltöffnungen; das darunter gelegene Mesophyll-Gewebe ist heller gefärbt, nur der Nerv breitet seine einzelnen Gefässe garbenförmig aus, um damit dicht unter der Spitze zu endigen; zwischen dieser letzten Ausbreitung finden sich besonders zahlreich jene raphidenführenden, oben erwähnten Schleimzellen.

Deutzia gracilis.

An der Spitze der Blattzähne sind die Epidermiszellen etwas keilförmig erweitert und führen nebst den darunter gelegenen chlorophyllhaltigen Parenchymzellen Schleim; es finden sich auf der Oberseite über der Endigung des Gefässbündels einige grosse, offenbar zur Secretion von Flüssigkeit dienende Spaltöffnungen.

Philadelphus coronarius.

An den Blättern von Philadelphus sind die Spitzen der Zähne schon dadurch hervorstechend, dass sie dem unbewaffneten Auge heller gefärbt und angeschwollen erscheinen, wohingegen die microscopische Analyse nur geringfügige histologische Differenzen von den übrigen Blatttheilen nachzuweisen vermag. Die Epidermis und die darunter gelegenen Zellen der Zahnspitzen sind etwas grösser und mit dichterem Inhalt erfüllt als die übrigen, sie sind auch früher ausgebildet und versehen das Geschäft der Schleim-Bereitung. In diesem Gewebe endigt ein Gefässbündel und über demselben liegen Spaltöffnungen. Sonst trägt die Blattfläche zahlreiche einzellige Borstenhaare und die Basis einer solchen Borste ist umgeben von einem Kranz keilförmig-verlängerter Epidermiszellen.

Escallonia macrophylla.

Escallonia ist mit einem ungewöhnlich reichen Apparat zur Harzabsonderung begabt; sowohl die Spitzen der Blattzähne sind ganz ähnlich umgewandelt wie bei Prunus, als auch auf der Blattfläche und den jungen Stengelgliedern sich zahlreiche köpfchenförmige Drüsen finden, die nicht nur functionell und habituell mit den Blattzahn-Spitzen übereinstimmen, sondern auch darin, dass sich Zellen des subepidermalen Parenchyms an ihrem Aufbau betheiligen. Bei allen sind die keilförmig-prismatischen, sehr verlängerten, schmalen Epidermiszellen der Heerd der Secretion.

Die lederartigen Blätter dieser Escallonia besitzen auf ihrer Unterseite eine zartwandige kleinzellige, einfache, auf der Oberseite dagegen eine zwei- bis dreischichtige stark cuticularisirte Epidermis mit sehr grossen, wasserklaren Zellen. Am Rande des Blattes stossen beide Oberhäute aneinander, und zwar so, dass die wasserhaltige Epidermis der Oberseite über den Rand hinübergreift, doch schon vorher einschichtig wird. Nur auf der Unterseite entwickeln sich die köpfchenförmigen Harzdrüsen; es sind Emergenzen im Sinne der von Sachs ausgegangenen Definition, deren Epidermiszellen durch radiale Theilung und Streckung zu fächerförmig angeordneten, secernirenden Prismen werden.

Die an den Enden der Blattzähne stehenden Drüsen stimmen mit diesen Emergenzen in ihrer Structur überein, sind aber wirklich umgewandelte Endzipfel der Blattspreite. Die secernirende Spitze ist deutlich gegen den übrigen Theil des Zahnes abgesetzt; ein den letzteren durchziehendes Gefässbündel endet blind vor derselben, dagegen ragt ein Kegel von Parenchymzellen mit dichtem Inhalt in die Spitze hinein. Die Epidermis derselben hat sich in schmale, prismatische Aussonderungszellen modificirt, die an der Basis des Spitzchens durch tangentiale Wände sich in zwei Schichten spalten. Die Aussonderung des Harzes geht vor sich wie in den beschriebenen, analogen Fällen.

Am Stengel finden sich ähnliche secernirende Emergenzen wie auf der Blattfläche.

Cunonia capensis.

Abgesehen von dem durch Hanstein ausführlich beschriebenen Trichomzotten-Apparate der Nebenblätter und der jungen Stengeltheile der Knospe liefern auch die jungen Zähne der Laubblätter

eine nicht unbeträchtliche Menge der harzigen Emulsion, welche die inneren Theile der Knospe verklebt; und zwar scheint hier fast die ganze Oberfläche eines Blattzahns secernirende Thätigkeit auszuüben, da die Zellen der Epidermis sich zu schmalen, radialen Prismen verlängern, sich mit dichtem, metaplasmatischen Inhalt anfüllen; unter der Epidermis liegt noch eine Zellschicht, deren Zellinhalt mit dem der Epidermis übereinstimmt. — Die jungen Zähne sind abgerundet und schmiegen sich in der Ebene der Blattfläche dicht an diese letztern. An der Spitze eines jeden Zahns steht eine solche Zotte, wie sie von den Stipulä bereits durch Hanstein dargestellt worden ist; dieselbe ist scharf gegen den Blattzahn abgesetzt, und ist es mir zweifelhaft geblieben, ob diese Zotte als eine Erweiterung des Blattzahns selbst oder als ein diesem aufsitzenden Trichom aufzufassen sei; ist das letztere richtig, so haben wir es jedenfalls mit einem morphologisch genau fixirten Trichom zu thun, und dürfte überhaupt der Unterschied zwischen den beiden fraglichen Kategorien kein sehr erheblicher sein. Endlich finden sich ähnliche Zotten auch in dem Einschnitt zwischen zwei Zähnen: ihre morphologische Werthigkeit ist hier in demselben Maasse discutabel, ob es Zwischenzähne sind oder Trichome.

Hotteia japonica.

Die ganze Blattfläche ist mit Colleteren besetzt, welche den Nerven aufsitzen und deren Grösse sehr verschieden ist, nach der Stärke der Nerven sich richtet. Diese Colleteren bestehen aus einem secernirenden Köpfchen mit keilförmigen, von dichten, stark lichtbrechenden Plasma erfüllten Zellen und einem Fuss von variabler Länge und Dicke, der nach unten sich pyramidal verbreitert. Gewöhnlich besteht dieser Fuss aus einer grossen Zahl farbloser, rechteckiger Parenchymzellen; hin und wieder kommen auch fast stiellose Köpfchen vor.

Der Rand der Blättchen ist scharf doppelt-gesägt, und sowohl die Spitzen der Sägezähne erster wie zweiter Ordnung laufen aus in ganz ebensolche Zotten, wie sie als Trichomgebilde auf der Blattfläche vorkommen; hier sind sie dagegen ihrer morphologischen Werthigkeit nach als metamorphosirte Blattzipfel aufzufassen. — Allmählig verschmälert sich der Blattzahn in eine farblose Spitze, in welche die Fortsetzung des grünen Mesophylls keilförmig hineinragt, um zuletzt ganz zu schwinden, worauf der übrige Theil dieser

Spitze nur aus der zusammenschliessenden Epidermis gebildet wird, deren Zellen sich dann zuletzt zu einer ovalen, köpfchenförmigen Drüse erweitern. Die einzelnen Zellen sind keilförmig gestaltet, und besitzen einen dichten, stark lichtbrechenden Inhalt, welcher durch die Cuticula hindurch eine aus Schleim und Harz bestehende Blastocolla aussondert. In der oberen Hälfte des Blattzahns endigt ein Nervenast; die über demselben gelegene Epidermis zeigt die gleiche Bildung wie bei Tellima.

Saxifraga hirsuta.

Der Rand der Kerbzähne an den Blättern ist glashell-durchsichtig, er besteht nur aus den beiderseiten Epidermidalzellen mit stark verdickten Wänden und farblosem, wässerigem Inhalt. Der übrige Blattzahn ist grün gefärbt durch das chlorophyllhaltige Mesophyll, mit Ausnahme einer kreisrunden, hellen Stelle; dieselbe ist die Andeutung einer, dem Blattgewebe eingesenkten Drüse. Bei der Betrachtung von oben bemerkt man, dass der Mittelpunkt dieses hellen Fleckes, dessen Epidermis kleinzelliger ist, als auf dem übrigen Blatte, eingenommen wird von einer grossen Spaltöffnung mit rundem Porus; seltener liegen zwei Spaltöffnungen neben einander. Ein Längsschnitt zeigt, dass diese hellen Flecke auf der Oberfläche gebildet werden durch einen dem grünen Blattgewebe eingesenkten, farblosen Gewebekörper, dessen Zellen zarte Wände und einen hyalinen aber feinkörnigen und die Reaction auf Schleim anzeigenden Inhalt besitzen. Diese Zellgruppe bildet die Fortsetzung oder gleichsam keulenförmige Endigung eines Nervenastes, welcher in den Blattzahn eintritt und sich hier senkrecht gegen die Oberfläche wendet; die Richtung der Längsstreckung der Zellen entspricht diesem Verlauf; einzelne Gefässe ziehen sich noch in dem peripherischen Theil dieses Gewebekörpers hin um dann blind zu endigen. Unterhalb der grossen Spaltöffnung, die man von der Oberfläche den Mittelpunkt der Drüse einnehmen sieht, befindet sich ein mit durchsichtiger Flüssigkeit erfüllter Hohlraum, der Athemhöhle unter gewöhnlichen als Luftwege dienenden Spaltöffnungen vergleichbar. Es finden sich an den jungen Blättern auch Trichomzotten.

Saxifraga Aizoon.

Bei dieser Art ist der Rand eines jeden Blattzahns geflügelt durch die Fortsetzung der Epidermis der Ober- und Unterseite, deren Zellwände stark verdickt sind und auf deren Aussenfläche

sich constant eine Kruste von kohlensaurem Kalk ablagert. Auf der Oberseite der Zähne bemerkt man eine grubenförmige Einsenkung in das Blattgewebe, dieselbe rührt von einer ähnlichen schleimbereitenden Drüse her, wie sie bei der vorhergehenden Art beschrieben wurde. Auch hier erzielt der Längsschnitt die Blosslegung einer ovalen, farblosen Zellgruppe, welche die Fortsetzung der Nerven bildet und seitlich von den chlorophyllhaltigen Zellen des Mesophylls umgeben, nur mit dem Vorderende unmittelbar an die Epidermis stösst, welcher Stelle eine grubenförmige Vertiefung der Blattoberseite entspricht; in der Mitte dieses Grübchens findet sich auch hier eine grosse Spaltöffnung; der unterhalb derselben befindliche Hohlraum ist kleiner als bei S. hirsuta.

S. hypnoides.

Die spitzen Zipfel der Blätter laufen in Uebereinstimmung mit dem Blattbau der beiden vorhergehenden Arten aus in eine farblose Stachelspitze, die von den vorgezogenen Epidermiszellen gebildet wird. Ein Stück unterhalb der Spitze bemerkt man auch hier eine heller erscheinende Stelle im Blattgewebe, in deren Mitte sich eine grosse Spaltöffnung befindet, es ist das eine ganz analoge Drüse.

Tellima grandiflora.

Die Blätter dieser Pflanze tragen sowohl auf der Fläche als an den Rändern eine grosse Anzahl langgestielter Köpfchenhaare, deren Stiel aus mehreren parallelen Zellreihen und deren Köpfchen aus einer Anzahl zackenförmig vorspringender Zellen gebildet ist. Die letzteren Zellen sind mit dichtem Schleim erfüllt und machen das ganze Haar wenigstens in der Jugend zur Colletere. Auch jeder Blattzahn spitzt sich zu in derartige Zotten, der Stiel derselben besteht jedoch aus mehreren Zellreihen als bei den übrigen und geht an der Basis allmählig in die Substanz des eigentlichen Blattes über. An der Spitze des letzteren, vor dem beschriebenen Haargebilde, findet sich eine ganz mit der an den Blättern von Saxifraga beschriebenen übereinstimmende Drüse, sie ist der Blattsubstanz eingesenkt, besteht aus farblosen, Schleim enthaltenden Zellen und macht die Endigung eines Nerven aus; mit der Oberseite communicirt sie durch eine grosse Spaltöffnung.

Berula angustifolia.

An jungen, noch nicht ganz entfalteten Blättern bemerkt man, dass an den Fiederchen die Spitzen der Zähne aus farblosen Zellen bestehen, die später sich bräunen und vertrocknen. Es sind das die Zellen der Epidermis, die hier grösser und mehr keilförmig sind als an den übrigen Stellen des Blattes, nebst einer darunter gelegenen kleinzelligen farblosen Parenchymgruppe. In die Basis der grösseren Zähne wenigstens tritt ein Nerv ein, über dessen Oberseite zahlreiche kleine Spaltöffnungen liegen, um vor der hyalinen Spitze blind zu endigen. Die Zellen der letzteren sind mit Schleim erfüllt.

Imperatoria Ostruthium.

Auch die scharfen Sägezähne dieser Pflanze tragen an ihrer Spitze grössere, langgestreckte, hyaline Zellen, die im Jugendzustande des Blattes Schleim führen; später verdicken und verhärten sich ihre Membranen, so dass dann jedenfalls von keiner Secretion mehr die Rede ist. Ganz ähnlich verhalten sich die Zähne der Blätter von Aegopodium und vielen anderen; es treten allmählige Uebergänge auf zu den Dornzähnen von Eryngium. Ueber der Endigung des in die Zähne eintretenden Nerven finden sich auf der Blattoberseite Spaltöffnungen.

Cucumis Melo.

Bei Cucumis sind die Blattzahn-Spitzen ganz ähnlich gebildet wie bei Philadelphus; auch hier fallen sie an dem bereits gestreckten Blatte auf durch ihre hellere Färbung und ihren Tumor. Sonst finden sich auf den Blattflächen ausser anderen Haarformen kleine, keulenförmige Trichom-Zotten, die einen gerbstoffreichen Schleim aussondern. Aber in früher Jugend sind auch die Zipfel der Blattzähne Quellen des Schleim-Ausflusses. Sie bestehen aus einem feinzelligen, von dichterem Inhalt erfüllten Parenchym, von einer kleinzelligen Epidermis überzogen; auf der Oberseite des Blattes finden sich über der Nervenendigung einige Spaltöffnungen.

Mulgedium macrophyllum.

Die jungen Blätter dieser Pflanze sind von langen und steifen Borsten bedeckt, die an der Spitze in ein zweizelliges, mit Schleim erfülltes Köpfchen endigen. Die Zähne des Blattrandes tragen

ein hyalines Spitzchen, das aus grösseren, gestreckten Zellen besteht, die auch im Jugendzustande Schleim enthalten; darüber liegen einige Spaltöffnungen.

Tussilago fragrans.

Die Zähne des Blattrandes sind zöpfchenförmig ausgezogen, sie heben sich hell von dem übrigen Blattgewebe ab; durch eine auf der Oberseite gelegene Gruppe von Spaltöffnungen communiciren die inneren Zellen mit der Aussenfläche.

Aster novae Angliae.

Die Spitzen der lang ausgezogenen Zähne sind an jungen Blättern hell; die Blätter sind mit ihren Rändern nach der Oberseite eingerollt, die Zähne biegen sich auf die Oberseite des sie tragenden Blattes. In jeden Zahn tritt ein Nerv ein, dessen Gefässe nach der Spitze zu leicht divergiren und dort verschwinden. Die Spitze selbst besteht aus durchsichtigen, weniger Chlorophyll enthaltenden schleimführenden Zellen, über welche sich eine Epidermis hinweg zieht, deren Zellen jene eigenthümliche Strichelung zeigen, wie sie z. B. auch bei Geranium vorkommt; dieselbe besteht in Runzelbildung der Cuticula. Ausser dem findet sich auf der Spitze eine Gruppe von Spaltöffnungen, deren Porus am jungen Blatt mit Flüssigkeit erfüllt ist.

Knautia ciliata.

Die Blattfläche trägt eine grössere Anzahl kleiner Trichomzotten. Die Zähne des Randes sind vorne abgestutzt, in dieselben tritt ein Nerv, um in einer kleinzelligen Parenchymgruppe zu endigen. Ueber dieser Gruppe liegen einige Spaltöffnungen. Ganz ähnlich verhält sich Cephalaria procera.

Viburnum laurifolium.

Die jungen Blätter sind ihrer Länge nach zur Oberseite eingerollt; die zu Schleim und Harz aussondernden Drüsen modificirten Zähne des Blattrandes krümmen sich hakenförmig nach der Oberseite desselben zu. In jeden der Zähne tritt ein Nerv ein, um vor der Spitze desselben in ein farbloses Gewebe blind zu endigen, darüber liegen einige Spaltöffnungen. Die Formen der Zellen dieser Blattzähne weichen sonst nicht ab von denen des übrigen Blattes, die Epidermiszellen nur zeigen eine eigenthümliche Strichelung.

V. Opulus.

Die Spitzen der Zähne sind weniger vom übrigen Blattgewebe abgehoben, als bei der vorigen Art; über dem blind endigenden, divergirenden Gefässbündel finden sich auf der Oberseite Spaltöffnungen.

Bemerkenswerth sind die mitunter Tropfen von Nectar aussondernden Organe am Blattstiel, welche mit denen von Prunus, Persica etc. äusserlich übereinstimmen, meist aber schüsselartig vertieft sind. Ein Längsschnitt zeigt, dass diese Gebilde zum grössten Theil aus einem gleichmässigen Parenchym bestehen, in welchem einige Gefässbündel-Aeste blind endigen. Dies Parenchym zeigt im unteren Theil Intercellulargänge, während der secernirenden Fläche zu die Zellen kleiner werden, senkrecht zu dieser Fläche sich etwas strecken und zuletzt lückenlos an einander schliessen. Die vertiefte, äusserlich glänzende Fläche wird von einer zartwandigen Epidermis überzogen, deren Zellen nicht, wie bei Prunus, radial verlängert, sondern klein und kubisch sind. Wo die secernirende Fläche aufhört, beginnt eine dicke Cuticula.

V. Tinus.

Die ganzrandigen, lederartigen Blätter besitzen am unteren Rande der Spreite meist zwei Organe zur Absonderung von Nectar, welche äusserlich wenig hervortreten. Von einer stark cuticularisirten Epidermis überzogen, findet sich hier ein ähnliches Gewebe, wie an den betreffenden Stellen von V. Opulus, vor welchem ein Gefässbündel endigt; an einer kleinen punktförmigen Stelle, an welcher die Secretion stattfindet, hört die Cuticula auf, die hier an der Oberfläche liegenden Zellwände sind zart und diffusionsfähig.

Sambucus nigra.

Die jungen Blattzähne von Sambucus sind besonders stark nach einwärts gebogen und krümmen sich auf die Blattfläche hinauf; auf der letzteren zerstreut stehen keulenförmige Trichomzotten. Die Secretion der Zähne beschränkt sich auf die äusserste Spitze derselben, wo eine Anzahl von Epidermiszellen mit Spaltöffnungen dazwischen durch ihre Grösse und ihren dichten Inhalt vor den übrigen sich auszeichnet. An dieser Stelle findet im jungen Zustande eine Aussonderung von Schleim statt; dicht unter diesen Epidermiszellen endigt ein Gefässbündel in einem kleinzelligen Parenchym.

Am Blattstiel der Blättchen finden sich häufig kolbenförmige, nectarabsondernde Organe, welche äusserlich bald grössere Aehnlichkeit mit denen von Impatiens, bald mit denen von Viburnum Opulus besitzen und in ihrer Structur mit den letztgenannten übereinstimmen.

Fraxinus excelsior.

Die Blattflächen von Fraxinus tragen eine Anzahl kleiner, kurzgestielter Trichomzotten. Die Zähne des Randes sind unregelmässig und ungleich, mit etwas vorgekrümmter Spitze. Es endigt auch hier ein Nervenast in einem hellen Parenchym, über welchem einige Spaltöffnungen liegen.

Catalpa syringaefolia (Fig. 12).

An den Blättern von Catalpa syringaefolia finden sich Flecke, welche eine süsslich schmeckende, nectarähnliche Flüssigkeit absondern; dieselben wurden von Treviranus entdeckt und Caspary scheint sie für Analoga der Nectarien an den Laubblättern von Clerodendron, Laurocerasus etc. gehalten zu haben, von denen sie jedoch morphologisch verschieden sind.

Diese honigabsondernden Flecke finden sich am entwickelten Laubblatte auf der Unterseite, sie sind von nicht unbeträchtlicher Grösse, so dass sie auch dem unbewaffneten Auge sogleich auffallen, und liegen in den Winkeln, welche die grösseren Nerven zweiter Ordnung mit der Mittelrippe bilden, theils auf der Substanz der Blattnerven, theils auf dem daran gränzenden Mesophyll. Schon bei Loupenvergrösserung erkennt man, dass diese, im Umriss dem Winkel entsprechend unregelmässig dreieckige Flecke aus zahlreichen, dicht an einander stehenden, dem Blatte eng anliegenden, kreisrunden Scheiben gebildet werden, die den Heerd der Secretion darstellen; in der Regel finden sich auch einige dieser Gebilde an denselben Stellen der Blattoberseite.

Eine stärkere Vergrösserung zeigt, dass diese Scheiben nicht nur der Blattoberfläche eng anliegen, sondern z. Th. sogar in dieselbe eingesenkt sind; sie stehen in kleinen wabenförmigen Vertiefungen der Blattsubstanz und sind einem halbkugligen Podium, welches in der Regel aus nur einer Zelle besteht, aufgesetzt; der mittlere Theil ihrer Oberfläche ist leicht gewölbt und ebenso tritt auch der Rand etwas hervor. Der eigentliche Körper dieser Scheiben besteht aus schmalen, prismatischen, senkrecht zur Ober-

fläche der Scheibe gestellten Zellen, welche dem Podium zu keilförmig convergiren. Im Querschnitt sind diese prismatischen Zellen 4- bis 6eckig und schliessen an ihren Kanten eng an einander. Der über das Podium hinausragende Rand der Scheibe ist gebildet aus Sectorzellen, die durch zur Scheibe senkrechte Querwände nach Innen abgegrenzt werden; die langen, prismatischen Zellen, die den Haupttheil der Scheibe ausmachen, gleichen ganz den prismatischen Zellen an den honigabsondernden Anschwellungen des Blattstiels der Prunusarten und sind, wie diese, von einem dichten, feinkörnigen Plasma erfüllt. Die Oberfläche wird von einer Cuticula bedeckt, die durch das unterhalb derselben sich ansammelnde Secret gesprengt zu werden scheint.

Diese nectarabsondernden Scheiben sind Trichome, was schon dadurch angedeutet wird, dass sie einem nur einzelligen Podium aufsitzen.

Untersucht man ganz junge Blätter, welche noch in der Knospenlage zusammengefaltet sind, so sieht man dieselben sowohl auf der ganzen Unterseite als auch auf der Oberseite mit solchen discusförmigen Drüsenhaaren bedeckt, die hier aber bestimmt scheinen, ein harziges Secret abzusondern. Nach der Entfaltung des Blattes werden diese Drüsen aber abgeworfen bis auf die erwähnten Stellen an der Unterseite des Blattes, wo derartige Drüsen, an Grösse die übrigen übertreffend und Nectar absondernd, verharren, bis das Laub im Herbst vom Baume fällt. Betrachtet man jedoch ältere Blätter genauer, so bemerkt man, dass den ganzen Sommer hindurch wenigstens auf der Unterseite sich ähnlich gestaltete Drüsen finden, die sich von denen des jungen Blattes nur durch ihre viel geringere Grösse unterscheiden.

Der Entwicklungsgang dieser Gebilde, und zwar der nectarabsondernden, die wir als die entwickelsten vorzugsweise ins Auge fassen, ist folgender. Die Anstülpung einer Oberhautzelle gliedert sich von der letzteren durch eine Scheidewand ab und theilt sich dann alsbald durch eine zweite, der ersten parallele Scheidewand, die sich bereits nach Oben zu convex wölbt in zwei Zellen; die untere dieser beiden Zellen theilt sich dann nicht mehr, und bildet die Fuss- oder Stielzelle der Drüse; nur ausnahmsweise zerfällt sie durch 1 oder 2 Längswände in zwei oder drei Zellen. Die obere Zelle dagegen, aus welcher die Scheibe der Drüse hervorgeht, schwillt auf zu einem flachen Sphäroid und spaltet sich dann

durch eine Querwand in zwei Hälften, jede dieser Hälften wieder durch eine radiale Wand senkrecht zur ersten in 2 Quadranten; jede dieser 4 Quadrantenzellen zerfällt dann durch nochmalige radiale Spaltung in 2 Sectorenzellen, so dass nunmehr die Anlage der Scheibe aus 8 Sectoren besteht; jetzt treten zuerst Tangentialwände auf, wodurch ein äusserster Kreis von Zellen abgeschieden wird, welche durch radiale Theilung dem Wachsthum der inneren Zellen folgen, die dann durch bedeutende Vermehrung und Theilung in verschiedener Richtung zu jenen prismatischen, langgestreckten Zellen sich entwickeln, welche den Haupttheil des discusförmigen Drüsenkörpers einnehmen.

Clerodendron fragrans (Fig. 13).

Die Blätter der Clerodendron-Arten scheiden aus kleinen, dunkler gefärbten Flecken, die sich auf der Unterseite in den Winkeln der Hauptnerven befinden, eine grosse Menge intensiv süssen Saftes aus. Diese Flecke stehen in verschiedener Zahl beisammen, sie sind kreisförmig, bis $\frac{1}{2}$ Mm. breit. Die mikroscopische Analyse zeigt, dass ein solcher secernirender Fleck gebildet wird aus schmalen Prismenzellen, wie bei Prunus, die etwa in gleicher Höhe mit der übrigen Blattfläche liegen. Diese Zellschicht bereitet das Secret, dasselbe sammelt sich unter der dicken Cuticula und sprengt dieselbe zuletzt ab, darunter wird dann alsbald eine neue Cuticula erzeugt. Die Prismenschicht ist nicht selbst eine modificirte Epidermis, sondern die Epidermis spaltet sich behufs Bildung derselben durch tangentiale Wände in zwei Schichten, von denen sich die äussere nochmals theilt in eine äusserste, die Prismenschicht, und in eine innere von mehr kubischen Zellen, deren radiale Wände eigenthümlich collenchymatisch verdickt sind. Der Inhalt der Prismenschicht ist feinkörnig, der der darunter liegenden hell und stark lichtbrechend, die dritte Schicht, welche ebenfalls noch der Epidermis entspricht, ist wieder von dichtem, feinkörnigen Protoplasma erfüllt. Es folgt hierunter das Mesophyllgewebe, dessen Zellen aber nahe unterhalb der secernirenden Scheibe kleiner und prismatischer sind, als in anderen Theilen des Blattes.

Lamium album.

Das junge Blatt trägt auf seinen Nerven eine grosse Anzahl Schleim secernirender, kurzer Trichomzotten. Ausserdem findet sich an der Spitze der Zähne ein farbloses, schleimhaltiges

Parenchym, das auch hier eine Nervenendigung in sich aufnimmt; die Epidermis trägt eine Gruppe von Spaltöffnungen.

Veronica spuria.

Die jungen Blätter sind nach der Oberseite eingebogen und umfassen einander in der Knospe. In die langen Zähne tritt ein Nerv ein um unterhalb der Spitze zu endigen; die Spitze selbst ist abgestumpft und trägt an ihrem Ende eine Einsenkung, in welcher eine Gruppe von Spaltöffnungen liegt. Die Epidermis ist weiter nicht verändert, die darunter gelegenen Parenchymzellen enthalten Schleim.

Polemonium coeruleum.

In die ausgezogene, vorne abgestutzte Spitze eines Fiederblättchens treten drei Nerven ein um erst zu einem breiten Gefässbündel zu verschmelzen und dann in einer Gruppe kleinzelligen Parenchyms zu endigen, über welcher sich auf der Oberseite des Blattes eine Gruppe von Spaltöffnungen befindet; auch hier an der Spitze zeigen die Epidermiszellen geschwungene Wände.

Die subepidermale Parenchymgruppe enthält im jungen Blatte Schleim; ausserdem finden sich auf der Blattfläche zerstreut kleine, einfache Trichomzotten.

Vaccinium Myrtillus.

Das Blatt von Vaccinium Myrtillus wird von einem Hauptnerven in seiner Mediane durchzogen, von welchem Nerven zweiter Ordnung fiederig auslaufen; dieselben anastomosiren schlingenförmig unter einander vor dem Blattrande; sie sind ausserdem verbunden durch meist verzweigte Nerven dritter Ordnung zwischen denen sich ein noch zarteres Netzwerk von Nerven vierter Ordnung ausbreitet.

Am Rande des Blattes finden sich kleine, nach Aussen gerundet vorspringende Zähne, und in den Grund eines jeden dieser Zähne tritt von den letzten Nerven-Schlingen aus ein Gefässbündel, um hier vor der Anfangstelle der Zotten-Spitze blind zu endigen. Das übrige Gewebe des Zahns ist ein mit anderen Theilen des Blattes übereinstimmendes Mesophyll, nur die an der Spitze gelegenen Zellen wachsen aus zu einer grossen, keulenförmigen Zotte, die hier, weil sie durch Auswachsen der Oberflächen-Zellen entsteht, unter die morphologische Kategorie der Haare zu rechnen

sein würde. — Der Stiel dieser Zotten besteht aus 4 Zellreihen, die an der Basis in ein aus noch mehren, kürzeren Zellreihen bestehendes Piedestal über gehen; wo der keulenförmige Theil der Zotte beginnt, theilen sich die Zellen mehrfach durch radiale Wände und nehmen eine keilförmige Gestalt an; es werden in der Regel auch nach Innen durch tangentiale Wände einige axile Zellen abgeschieden.

Diese Zellen enthalten einen mit Harz gemengten Schleim, welcher durch Diffusion secernirt zu werden scheint. Die einzelnen Zotten, welche ja die Fortsetzung der Zähne bilden, krümmen sich um den Blattrand auf die obere Seite des Blattes, und da die Blätter in der Knospe nach der Oberseite zu der Länge nach eingerollt sind, so wirken Blatt und Zotten durch ihre Stellung derart zusammen, dass gerade die Oberseite von der Blastocolla benetzt wird.

Dementsprechend besitzt die Blattunterseite ihren eigenen Blastocolla-Apparat, nämlich eine grosse Anzahl ganz ähnlich gebauter über die Fläche zerstreuter Trichomzotten, wie sie auf die Spitzen der Zähne stehen, nur kleiner.

Lychnis violacea.

In jeden Zahn am Blattrande treten mehre Nerven ein und verschmelzen, die Gefässe derselben breiten sich aus, um divergirend in einer Gruppe kleinzelligen hell gefärbten Parenchyms zu endigen. Ueber dieser Zellgruppe liegt auf der Oberseite eine Anzahl Spaltöffnungen, welche die Secretion von Flüssigkeit vollführen.

Ulmus campestris.

Die jungen Blätter von Ulmus tragen kurze Borstenhaare und einen reichen Blastocoll-Apparat von kleinen, keulenförmigen Trichomzotten, die nur aus einer Zellreihe bestehen. Die jungen Zähne sind ungleich und unregelmässig, mit grösseren wechseln kleinere, auch ihre Gestalt variirt; bald sind sie lanzettlich, bald eiförmig abgerundet. Die in die Zähne eintretenden Nerven endigen vor der Spitze derselben; die Spitzen selbst liefern in der Knospe Schleim. Sie sind von einer Epidermis überzogen, deren Zellen sich an der Spitze erweitern, dabei aber eine so ziemlich kubische Gestalt beibehalten. Sie sowohl wie die Zellen des darunter liegenden Gewebes, besonders einige durch ihre Grösse die übrigen weit übertreffenden, besitzen einen reichen Gehalt an Schleim; bei

der Secretion desselben werden die äusseren Cuticularschichten emporgehoben. Ueber der Nervenendigung liegen auch hier einzelne Spaltöffnungen. Die Trichom-Zotten sondern ein Gemenge von Harz und Schleim aus, und es cooperiren beide Systeme zu gemeinsamen Zwecke.

Morus alba.

Die Blattzähne von Morus sind ganz ähnlich gebaut denjenigen von Ulmus; sie sind sehr dicht gestellt, eiförmig, von verschiedener Grösse; ein divergirendes Gefässbündel endet vor der Spitze derselben. Die Zellen der Epidermis sind nicht anders gestaltet als an anderen Theilen des Blattes, nun vergrössern sie sich der Spitze zu, und schliessen hier einzelne Spaltöffnungen ein; sowohl in ihr als in dem darunter gelegenen Parenchym übertreffen einzelne Zellen sowohl an Grösse als auch an Gehalt an Schleim die übrigen um ein bedeutendes, welche sonst ebenfalls schleimhaltig sind; die Secretion findet ausschliesslich auf jugendlicher Stufe statt. Ausserdem finden sich am jungen Blatte zahlreiche, kurze Haare und köpfchenförmige Trichomzotten.

Humulus Lupulus.

Die Epidermiszellen an der Spitze eines Blattzahns sind kurzkeilförmig, dicht mit metaplasmatischem Inhalt erfüllt und secerniren im Jugendzustande Schleim, welcher sich zunächst unter der Cuticula anhäuft. Ausserdem finden sich kurze Trichomzotten auf der Blattfläche.

Vitis vinifera.

Die Zähne des Blattrandes sind, wie in manchen anderen Fällen, dadurch hervorgehoben, dass sie etwas anschwellen; in der Knospe sondern sie Schleim aus. Der Schleim findet sich in den Zähnen in einzelnen, sehr grossen Zellen angehäuft, welche ausserdem meist ein Raphidenbündel enthalten; diese Schleimzellen ziehen sich übrigens aus den Zähnen in den übrigen Theil des Blattes hinein. Das in die Zähne eintretende Gefässbündel endigt vor der Spitze durch Divergenz seiner Gefässe, die Epidermis weicht nicht ab von derjenigen des übrigen Blattes, führt aber auf der Oberseite einige Spaltöffnungen.

Den Blattzähnen ganz gleich verhalten sich die Spitzen der Rankenäste. Interessant ist, wie die peripherisch angeordneten

Gefässbündel durch Divergenz ihrer Gefässe hier in Verbindung treten und eine grosse Gefässgarbe bilden.

Acer platanoides.

Die Blattflächen tragen eine grosse Menge kurz-keulenförmiger Trichomzotten, welche eine aus Harz und Schleim gemengte Blastocolla erzeugen. Aber auch die Spitzen der langen, verschmälerten Blattzipfel sind nicht unthätig, indem sie in der Knospe Schleim aussondern. Die Form der Zellen dieser Spitzen zeigt nichts Abweichendes, allein ihr fast farbloser Inhalt giebt eine deutliche Schleim-Reaction; auf der Oberseite finden sich einzelne Spaltöffnungen.

Negundo aceroides.

Die Zähne der Fiederblättchen dieser Art sind etwas angeschwollen, und stimmen ungefähr mit denjenigen von Philadelphus überein; auch hier sind die Zellen der Epidermis nur wenig erweitert, sie besitzen jedoch nebst dem darunter liegenden Parenchym, in welchem ein Gefässbündel endet, einen dichteren Gehalt von metaplasmatischer Substanz; an der Spitze jedes Zahns finden sich ein oder mehre grosse Spaltöffnungen.

Liquidambar styraciflua.

Die Zähne des jungen Blattes sind nach der Oberseite desselben eingekrümmt; ihre Spitzen bestehen aus einem Parenchym, welches nur durch seinen gerbstoffreichen Schleim sich von dem des übrigen Blattes unterscheidet; in dieser Spitze endigt ein Nervenast; später treten auf der Oberseite der Zahnspitze Spaltöffnungen auf.

Impatiens parviflora.

Impatiens parviflora besitzt langgestielte, eiförmige, am Rande scharf gezähnte Blätter; dieselben lassen auf der Unterseite einen mittleren Nerven erster, dazu fiederförmig gestellt Nerven zweiter und zwischen diesen Nerven dritter Ordnung hervortreten; ein Netzwerk von Nerven vierter Ordnung ist, wie bei den übrigen untersuchten Balsaminen, nur undeutlich zu erkennen. Die Nerven zweiter Ordnung treten am Rande durch bogenförmige Convergenz mit einander in Verbindung, aus dieser Gegend sich abzweigende Nerven dritter Ordnung treten in die Zähne des Blattrandes ein. Grosse schleimführende Zellen, deren jede ein Raphidenbündel

enthält, sind längs den Blattnerven angeordnet; im pneumatischen Parenchym der Blattunterseite sind gerbstoffhaltige Zellen beachtenswerth, die oft stern- oder baumartig verästelt mit den Enden ihrer Aeste an einander stossen, in einzelnen Fällen auch eine mehr sphaeroidale Form aufweisen. Was die Blattzähne selbst anbetrifft, so sind dieselben ungefähr von gleicher Grösse, ihre Gestalt ist die eines unsymmetrischen rechtwinkligen Dreiecks, an welchem die Hypotenuse (die hintere Seite des Blattzahns) convex gekrümmt ist. Auch am alten Blatte liegen die Spitzen der Zähne gewöhnlich nicht in der Ebene der Spreite, sondern krümmen sich nach aufwärts, der Blattoberseite zu. Der Basis der Blattlamine zu verlängern sich die gleichsam aufgesetzten Spitzen mehr und mehr, zuletzt verdicken sie sich gar an ihrem Ende und stellen dann langgestielte Kölbchen dar, während gleichzeitig die Zähne selbst sich verbreitern und verflachen und zuletzt an der Basis ganz aufhören, wo man nur noch die erwähnten Kölbchen findet. Der Blattstiel ist etwas geflügelt durch die an ihm herablaufende Lamina; und diese Flügel setzen sich am Stengel fort als schmale, scharfe Leisten bis zum nächsten Knoten. Während nun die Kölbchen, in welche wir allmählig die Zähne des Randes der Lamina übergehen sahen, am Flügelrande des Blattstiels fehlen, so treten sie dafür wieder an den Leisten des Stengels auf, wenn auch nicht überall und gleichmässig vertheilt; besonders auffallend sind aber zwei grosse, keulenförmige Kölbchen am Grunde des Blattstiels, welche die Stelle seitlicher Stipulae einnehmen; selten nur ist eins dieser beiden Kölbchen unentwickelt geblieben oder ganz fehlgeschlagen. Morphologisch lassen sich alle Uebergangsstufen zwischen den Zähnen der Blattes und diesen kolbenförmigen Anhangsgebilden am Blattrande verfolgen; die beiden grossen Kolben, welche die Stellung ohrförmiger Stipulae am Grunde des Petiolus einnehmen, lassen sich als Stipulae deuten, die auf die erweiterte Spitze ihres Endzahns reducirt sind; ebenso entsprechen die analogen Bildungen an den Internodien den Stacheln, Zähnen und Blattflügeln an den Stengeln unserer Carduus- und Cirsium-Arten.

Die anatomische Structur aller dieser seitlichen Anhangsgebilde der Blätter und des Stengels ist eine ähnliche, im Wesentlichen identische. Die Zähne werden dargestellt durch eine unmittelbare Fortsetzung der Substanz der Lamina; während die Oberhaut dieser letzteren, was insbesondere am Rande deutlich hervortritt, nach oben konisch vorgewölbte, mit wässrigem Inhalt erfüllte Zellen

zeigt, so ebenen diese Zellen sich an den Zähnen und füllen sich an der Spitze derselben mit einer dichteren, stark lichtbrechenden Substanz. Die inneren Zellen dieser Zahnspitze bilden ein kleinzelliges, mit ähnlichem stark lichtbrechenden Inhalt erfülltes Parenchym, in welcher einzelne grosse, schlauchförmige Zellen liegen, deren sonst wässriger, nur wenig Schleim führender Inhalt ein ansehnliches Bündel von Raphiden umfasst. Nach der Basis des Blattzahns zu geht die Epidermis in die der Lamina über, ebenso das innere Parenchym, dessen Zellen weiter und wasserhaltiger werden. Der Nerv, welcher in den Blattzahn eintritt, stellt gewöhnlich einen einfachen Fibrovasalstrang dar, dessen Gefässe vor der Spitze des Zahnes blind endigen; um dieses Gefässbündel lagern sich in grösserer Zahl die erwähnten Raphidenzellen.

Die den Spitzen der Blattzähne morphologisch gleichwerthigen kolbenförmigen Gebilde an den unteren Theilen des Blattes weichen nicht wesentlich ab von ersteren. Die grossen Kölbchen am Grunde der Blattstiele sind von einer Epidermis überzogen, deren Zellen, an den basalen Parthien flach, in der Nähe des Scheitels würfelförmig werden und ein parenchymatisches Grundgewebe umspannen, welches in der keulenförmigen Scheitelregion aus kleinen, mit durchsichtigem, stark lichtbrechenden Plasma erfüllten Zellen besteht, während das Parenchym des unteren Theiles einen mehr wässrigen Zelleninhalt und Chlorophyll besitzt. Ein Gefässbündel biegt in je ein solches Kölbchen ein, dasselbe zerfasert sich gleichsam ungefähr in der Mitte des Kölbchens und die einzelnen Schraubengefässe endigen blind vor der Gewebeparthie mit stärker lichtbrechendem Inhalt. Zwischen diesen Gefäss-Aesten und überhaupt um den ganzen Strang herum finden sich dann jene grossen, schlauchförmigen Zellen mit wässrigem Inhalt und Raphidenbündeln. — Die kleinen kolbenförmigen Anhangsgebilde des Stengels zeigen einen ganz analogen Bau, nur den kleineren unter ihnen fehlen die Gefässbündel.

Was die functionelle Bedeutung der Zähne anlangt, so fällt dieselbe jedenfalls in die Jugendzeit der Blätter; denn an älteren, entwickelten Blättern sind die Spitzen der Zähne bereits vertrocknet. Eine Secretion [1]) habe ich zu keiner Zeit beobachtet, weder an den Blattzähnen, noch an den Kölbchen. Das ganz

1) Wie Caspary angiebt.

junge Blatt ist auch hier längs seiner Mittelrippe derart zusammengefaltet, dass die beiden Hälften seiner Oberseite einander zugekehrt sind. Dabei sind die Zähne des Randes, welche sich bereits sehr frühzeitig durch partiell gefördertes Wachsthum der Blattfläche bilden und in ihrer Entwicklung derselben voraufeilen, dem Blattrande dicht angeschmiegt und nach einwärts gebogen; die Kölbchen am Grunde der Blattstiele und am Stengel entwickeln sich etwas später wie Blattzipfel aus dem Periblem des letzteren.

Impatiens glandulifera.

Ganz ähnlich verhält sich diese Art wie die vorhergehende. Die Zähne der Blätter besitzen eine aufgesetzte, rothgefärbte Spitze, die besonders in der Jugend sich einwärts krümmt um später zu vertrocknen; ihr Bau ist wie bei J. parviflora. Sehr entwickelt sind die kolbenförmigen Anhängsel am Grunde der Blattstiele; sie besitzen unter der Oberhaut überall, also auch am Scheitel, einige Zellschichten chlorophyllführenden parenchymatischen Grundgewebes und von diesem umschlossen ein Gewebe, das aus kleinen zarten Wasser-haltenden Zellen besteht mit eingestreuten grossen Raphidenzellen; in diesem Gewebe endigen die Aeste des sich zertheilenden Gefässbündels.

Imp. tricornis

weicht nur dadurch ein wenig ab, dass die untersten Blattzähne zu kleinen ovalen Anschwellungen, nicht zu gestielten, keulenförmigen Kölbchen umgebildet sind. Die übrigen Zähne zeigen einen, den früheren Arten analogen Bau; sie sind in eine Spitze verlängert, welche lediglich aus parenchymatischem Zellgewebe mit stark lichtbrechendem Inhalt besteht; die Gefässbündel endigen vor dieser Spitze. Am Grunde des Blattstiels findet sich, nicht zu zweien, sondern nur auf der einen Seite, ein auffallend grosser, nierenförmiger, fleischiger Höcker; neben und unter demselben nicht selten, häufig auf der anderen Seite des Blattstiels stehen einige kleinere Gebilde. An der nach unten gekehrten, etwas mamillenförmig vorgezogenen Seite der grossen, nierenförmigen Auswüchse scheiden sich kleine Tröpfchen einer etwas süsslichschmeckenden Flüssigkeit aus, die auch von Ameisen aufgesogen wird. Der Durchschnitt dieser Gebilde zeigt ein von einer Epidermis umgebenes in zwei Theile sich sonderndes Parenchym; die äusseren Zellschichten zeigen das Aussehen und den Zusammenhang des

gewöhnlichen Grundgewebes mit etwas dichterem Zellinhalt, während die einzelnen Zellen des Centralkörpers sich kugelig abgerundet und zum Theil getrennt haben wie die Zellen im Inneren fleischiger Früchte. Zahlreiche grosse Raphidenzellen finden sich in beiden Gewebetheilen. Das Verhalten des Gefässbündels ist wie in den früheren Fällen, ebenso dasjenige der kleineren Auswüchse analog den grösseren.

Impaticus Balsamine.

Die lancettlichen Blätter sind etwas fleischig, wodurch sich diese Art von den bisher betrachteten unterscheidet. Der scharf gesägte Rand zeigt Zähne von gleicher Grösse mit farbloser Spitze, welche auch an ausgewachsenen Blättern noch etwas der Blattoberseite zugebogen sind. An der Basis, wo die Blätter sich allmählig in einen Stiel verschmälern, kehrt dies Richtungsverhältniss der Zähne sich um, dieselben biegen sich nach der Rückseite des Blattes hinüber, und anfangs noch spitz, gehen sie in die Form einer abgestutzten Keule über; ganz unten am Blattstielgrunde finden sich übrigens derartige Organe nicht mehr. Der Bau der Zähne des Spreitenrandes ist analog dem der früher beschriebenen Arten: ein farbloses Parenchym, deren Zellen an der Spitze des Zahns eine stark lichtbrechende sich bald bräunende Substanz einschliessen, mit Raphidenzellen; ein Gefässbündel endet blind vor der Mitte des Zahns. Die an der Blattbasis befindlichen keulenförmigen Organe sind aus einem gleichförmigen Parenchym gebildet, in dessen peripherischem Theil Raphidenzellen liegen; ein Gefässbündel endigt schon vor der breit-keulenförmigen Erweiterung.

Geranium Robertianum.

Die einzelnen Zipfel des vielzertheilten Blattes dieser Pflanze endigen in eine zäpfchenförmige Spitze; ein Nerv tritt in dieses Zäpfchen ein um dicht vor der Spitze desselben zu endigen. Während die Epidermiszellen des übrigen Blattes geschwungene Wände besitzen, so sind sie hier kleiner, von geraden Linien begrenzt, und zeigen eine eigenthümliche, radial verlaufende Strichelung. Die subepidermalen Zellen an der Spitze enthalten sehr wenig Chlorophyllkörner, dagegen Schleim und communiciren mit der Aussenfläche durch eine Gruppe von Spaltöffnungen. — Ausserdem trägt das Blatt kleine, einfache Trichomzotten.

Tilia ulmifolia.

Die Zähne stehen an ganz jungen Blättern der Linde ausserordentlich dicht, sie drängen sich fast und schieben ihre Ränder über einander. Während schon das ganze Blatt der Linde reich ist an Schleim, so sind ihre Zähne es ganz besonders. Ihre histologische Beschaffenheit weicht dabei wenig ab von anderen Theilen des Blattes, nur sind die Epidermiszellen an der Spitze der Zähne grösser, keilförmig und durchsichtiger. Sonst sind beide Blattflächen mit kurzen, angedrückten Borstenhaaren dicht bedeckt; auf der Unterseite stehen an den Nerven zahlreiche Trichomzotten, auf der Oberseite liegen über der Nervenendigung einzelne Spaltöffnungen.

Ricinus sanguineus.

Jedes vollständige Blatt von Ricinus sanguineus besteht aus dem lang gestielten Laubblatt und einer sehr entwickelten Stipula. Diese letztere hat die Gestalt einer grossen, kaputzenförmigen Ochrea angenommen, welche dem zugehörigen Laubblatt in der Entwicklung vorauseilend, dieses selbst und den übrigen Theil der Knospe, also alle jüngeren Blätter und deren Axelsprosse, wie in eine Tute einschliesst. Diese mächtige Ochrea setzt sich an die Basis des Blattstiels derart an, dass sie gewissermassen die Fortsetzung derselben um den Stengel herum bildet; dabei ist ihre Mediane der Mediane des Laubblatts opponirt.

Das Laubblatt selbst ist lang gestielt, schildförmig, ein Umriss tief fussförmig eingeschnitten; jede seiner Lacinien ist von einem Nerv erster Ordnung durchzogen, an welchen sich fiederförmig Nerven zweiter Ordnung ansetzen, die ihrerseits wiederum durch anastomosirende Nerven dritter Ordnung mit einander in Verbindung stehen. Der Blattrand ist ungleichmässig gezähnt; zwischen zwei grösseren Zähnen, die immer den Endigungen der Nerven zweiter Ordnung entsprechen, finden sich ein oder mehrere kleinere Zähne. Der äusserste Rand der ganzen Blattsubstanz dieser Zähne ist ein wenig der Unterseite zugebogen, und hier trägt zugleich die Spitze eines jeden Zahns ein nach unten gekehrtes, heller grünes, glänzendes Polster.

Indem wir hier an der Spitze der Zähne der Blattspreite eigenthümliche Bildungen hervorgehen sehen, bemerken wir zugleich analoge Bildungen am Blattstiel, es finden sich hier an verschiedenen

Stellen ähnliche, fleischige Auswüchse wie am Blattstiel von Prunus avium. Es finden sich regelmässig 1 oder 2, auch wohl mehre derartiger Bildungen unmittelbar unterhalb der Spreite und zwar auf der dem Stengel zugekehrten Seite, also der Blattoberseite entsprechend.

Die Gestalt dieser Gebilde lässt sich am besten jenen Hutpilzen vergleichen, welche einen einseitig-unsymmetrischen, noch dazu meist verkürzten Stiel besitzen; die obere Seite ist flach, und auf derselben findet sich, doch ohne die ganze Oberseite einzunehmen, ein ähnliches, hellgrünes, glänzendes Polster, wie wir es an der Unterseite der Blattzähne bemerkt haben. Ausserdem finden sich ein oder mehre dieser Körper an der unteren Hälfte des Blattstiels, ferner an der Uebergangsstelle zwischen Basis des Blattstiels und Stengel, und zwar an beiden Seiten 1 oder 2, gleichsam seitlich-stipulare Anhänge innerhalb der Ochrea; diese letzteren besitzen eine keulenförmige Gestalt.

Aus den Anhangsgebilden des Blattstiels bemerkt man Tröpfchen einer nectarartigen Flüssigkeit hervortreten; an den Zähnen des Blattrandes konnte ich am entwickelten Blatte keinerlei Secretion wahrnehmen.

Was die histologische Structur anbetrifft, so stimmen die Anhängsel des Blattstiels mit den Polstern der Zähne überein.

Was zunächst die ersteren, die drüsenförmigen Organe des Blattstiels, anbelangt, so zeigt ein Längsschnitt folgende Structur. Eine mit der Oberhaut des Petiolus continuirlich zusammenhängende Epidermis überzieht das ganze Gebilde; an der Oberseite desselben, dort wo man macroskopisch jenes glänzende Polster wahrnimmt, streckt sich die Epidermis in radialer Richtung, ihre Zellen vermehren sich lebhaft durch Theilung und nehmen bei diesem Vorgang eine schmale, langgestreckt prismatische Gestalt an; hierauf spaltet sich die Epidermis an dieser Stelle in zwei Schichten; die Wände der beiden übereinander stehenden Zellen fallen in ihrer Richtung aber derart zusammen, dass beide Zellen ein Prisma ausmachen; die Zellen der äusseren Schicht sind die längeren. Diese prismatischen Zellen sind von einem feinkörnigen Plasma erfüllt, welches mit Anilintinctur eine leicht rosarothe Färbung annimmt. Diese Zellen secerniren nach Aussen den Nectar, und zwar unter der an ihrer Aussenseite gebildeten Cuticula; dieselbe wird dadurch emporgehoben, zerreist und lässt den Tropfen austreten. — An den übrigen Theilen der Drüse besteht die Epidermis

aus gleichartigen kubischen Zellen, sie ist hier mit Spaltöffnungen versehen.

Unter der Epidermis befindet sich ein parenchymatisches Zellgewebe, dass im oberen, erweiterten Theil der Drüse — unter der gespaltenen Epidermis — aus nur wenigen Zelllagen besteht, deren Zahl nach der Basis zu sich vermehrt. In diesem Gewebe schliessen die Zellenwände enge, ohne Luft führende Intercellulargänge an einander, und der Inhalt derselben färbt sich mit Anilintinktur tiefer rosaroth, besonders einzelne Zellen, die sich schon ohne weiteres durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen kenntlich machen, und einen stärkeren Gehalt an gelösten Amyloidstoffen zu enthalten scheinen.

Darauf folgen nach Innen einige Zellschichten, die sich durch lufthaltige Intercellularräume und durch den bläulichen Ton auszeichnen, welchen ihr Plasma bei der Anilinfärbung annimmt; dieses Gewebe umschliesst den Centralkörper, welcher das Gefässbündel enthält. Das letztere tritt geschlossen in den Fuss der Drüse ein, die einzelnen Gefässe treten jedoch wie eine divergirende Garbe aus einander, um im oberen Theile der Drüse blind zu endigen; das Zwischengewebe dieses Centralkörpers entspricht in seinem Aussehen dem subepidermidalen Parenchym, doch enthalten zahlreiche Zellen desselben Drusen mit oxalsauren Kalk-Krystallen.

Die Anschwellungen, welche die Spitzen der Blattzähne an ihrer unteren Seite tragen, entsprechen in ihrer Structur, wie bereits hervorgehoben wurde, den Drüsen des Blattstiels; nur ist ihr Bau ein einfacherer. In die Zähne treten entweder die Endigungen der Nerven zweiter Ordnung selbst ein oder Ausläufer des Netzes, welches die Nerven dritter Ordnung mit einander bilden. Die einzelnen dünnen Gefässbündel, in welche diese Nerven sich verschmälern, endigen blind unter der Spitze des Zahns. Das umgebende Blattparenchym ist hier in der Spitze unverändert, nur sind die Zellen etwas grösser; auch die Epidermis der oberen Blattseite zeigt keine Abweichung. Nur an der Stelle der Unterseite, wo das helle Polster liegt, ist die Epidermis stark erweitert, in schmale, prismatische Zellen getheilt ohne jedoch durch Spaltung in zwei Schichten zu zerfallen; der Inhalt derselben ist ein helles, feinkörniges Plasma.

Was die Entwicklung dieser Gebilde vom Ricinus-Blatte anlangt, so ist zunächst zu bemerken, dass auch hier die Endigungen der Zähne dem übrigen Blatt in der Entwicklung voraus eilen;

während dies bei den Drüsen des Blattstiels nicht der Fall ist, sondern diese letzteren erst verhältnissmässig spät auswachsen.

Juglans cinerea.

Die jungen Blätter sind mit einem reichen Blastocolle-Apparat ausgestattet. Ausser einer Menge über die Blattfläche zerstreuter, köpfchenförmiger, gestielter Trichomzotten bereiten auch die Zähne des Blattrandes ein schleimiges Secret. Die obersten Fidern sind die jüngsten eines Blattes; sie sind der Länge nach zur Oberseite eingeschlagen und die Zähne biegen sich auch auf die Oberseite. Das Gewebe der Zähne stimmt mit dem des übrigen Blattes überein, ein Nerv endigt in ihnen vor der Spitze, oberhalb dessen einige Spaltöffnungen zu bemerken sind, die Zellen der Epidermis sind isodiametrisch. Nur führen die subepidermidalen Parenchymzellen wenig Chlorophyll und dafür Schleim, ausserdem sind viele Drusen von oxalsaurem Kalk in den Zähnen abgelagert.

Pterocarya japonica.

Diese Gattung stimmt mit Juglans bezüglich der Ausbildung der Blattzähne überein.

Camellia japonica.

Während an den alten Blättern von Camellia die Spitzen der Zähne abtrocknen und nur ihre bräunlichen Ueberreste zurücklassen, bemerkt man an jungen, besonders an noch nicht entfalteten Blättern mit blossem Auge, dass jeder Zahn von einem zarten, durchscheinenden Spitzchen gekrönt wird, welches, wie die microscopische Analyse ergiebt, als unmittelbare Fortsetzung der Blattsubstanz aufzufassen ist; jedes Spitzchen erscheint übrigens durch seine Translucenz scharf abgegliedert gegen den unteren Theil des Blattzahns, dessen Zellen Chlorophyll führen und überhaupt derber sind. Das Innere einer solchen Zahnspitze besteht aus polyedrischen Zellen mit durchsichtigem Inhalt, zwischen denen ein Gefässbündel ein letzter Nervenast, blind endigt. Dieses Gewebe ist überzogen von einer Epidermis, deren stark radial gestreckte Zellen sich in schmale Prismen getheilt haben; nur hin und wieder spalten sich einige Zellen durch tangentiale Wände. Auch hier bildet, wie bei Prunus, die Epidermis das eigentliche Drüsengewebe, dessen schleimiges Secret sich durch die Cuticula hindurch entleert.

Salix cinerea.

Die jungen Blätter dieser Weide tragen einen dichten Filz von Borstenhaaren. Die Zähne des Blattrandes sind an ihrer Spitze zu secernirenden Organen umgewandelt ähnlich denjenigen von Escallonia. Die Epidermis der Zahnspitzen hat sich in ganz ungewöhnlich lange und schmale radial stehende Prismenzellen getheilt, welche eine kleine Gruppe von polyedrischen Parenchymzellen einschliessen. Die Aussenseite der dicht mit metaplasmatischen Substanzen erfüllten Prismenzellen hat sich abgerundet und die gesammte Cuticula als grosse Blase emporgehoben unter welcher sich die schleimige, weniger Harz enthaltende Blastocolla zunächst ansammelt um später diese Blase zu sprengen. Die Endspitze des Blattes selber trägt ein besondres grosses derartiges Secretionsorgan, und ist somit eine ergiebige Quelle der Blastocolla am jungen Blatt vorhanden. Andere Arten von Salix verhalten sich der beschriebenen gleich. Ausserdem ist die ganze Blättfläche mit ähnlichen Trichomzotten bedeckt. Da diese sich später entwickeln, als die an der Spitze der Zähne stehenden, letzere eher vertrocknen, so ist dadurch der Zottenapparat auf verschiedene Entwicklungsstufen der Knospe vertheilt.

Populus laurifolia und P. balsamifera.

Beide Arten sind durch eine sehr reiche Harzabscheidung auf den jungen Blättern ausgezeichnet, dessen Hauptquelle jedenfalls in den modificirten Blattzähnen zu suchen ist. Die Blätter sind in der Knospe der Länge nach zur Oberseite eingerollt, die Spitzen der Blattzähne biegen sich auch auf dieselben hinüber um sie zu benetzen. Das eigentliche Drüsengewebe wird hier wie bei Salix, Prunus etc. von der Epidermis gebildet, deren Zellen sich zu langen, schmalen, radialen Prismen umgestalten. Dieselben enthalten ein dichtes Plasma, aus welchem sammt der aufquellenden subcuticularen Zellhautschicht des Secret sich bildet, sich anhäuft unter der Cuticula um diese schliesslich zu sprengen. Unter der Epidermis liegt ein etwas kleinzelliges Parenchym, in welchem ein Nervenast endigt.

Passiflora coerulea.

Am Blattstiel von Passiflora coerulea finden sich ein oder zwei Paare von keulenförmigen, dunkel-violett gefärbten Emergenzen,

welche den Anhängseln der Blattstiele von Impatiens sehr ähnlich sind. Diesen Auswüchsen des Blattstiels entsprechen die kurzen Zähne am Grunde der Blattlacinien zu beiden Seiten der Einbuchtungen, es sind knotenförmige, ebenfalls dunkelviolett gefärbte Hervorragungen; auch die am Rande der grossen Stipulä stehenden Zähne endigen in derartige Gebilde. Die Uebereinstimmung beruht in der histologischen Zusammensetzung. Es stimmen nämlich alle diese erwähnten Blatt-Anhängsel darin überein, dass ihr Gewebe ein ziemlich gleichartiges Parenchym ist, worin ein Gefässbündel (Nervenast) mündet, dass dieses Parenchym überzogen wird von einer Epidermis, deren Zellen an dem andern Theil des Gewebehöckers sich zu langen, schmalen, keilförmigen Prismen umgestalten, ähnlich wie an den Blattzähnen von Prunus. An ganz jungen Blättern waren die Epidermiszellen dieser Blatthöcker anfangs isodiametrisch, erst später theilten sie sich durch radiale Wände und streckten sich zu den langen Prismen, zuletzt zerfällt diese Prismenschicht durch Tangentialwände in zwei Schichten.

Der Inhalt dieser Prismenzellen besteht aus einem hellgrauen Plasma mit kugligem Zellkern. Die innersten Wandschichten der Cuticula quellen auf zu Schleim, mit welchem wahrscheinlich ein aus dem Zellinneren stammendes Secret sich mischt um dann an einzelnen Stellen die Cuticula zu durchbrechen und hervorzutreten.

Die unterhalb dieser das eigentliche Drüsengewebe bildenden Epidermidalschicht gelegenen Parenchymzellen sind reich an Schleim, sie enthalten Chlorophyllkörner und z. Th. den dunkelvioletten Farbstoff in Lösung. der sich aber auch in weiter nach hinten gelegenen Epidermiszellen findet und dem ganzen Organ seine Farbe verleiht. An entwickelten Blättern findet man in den subepidermalen Zellen vielfach Drusen von oxalsaurem Kalk.

Das Secret wird von diesen Organen jedenfalls in keiner erheblichen Quantität ausgeschieden.

Viola silvestris. (Fig. 14.)

Die Blattzähne des Veilchens biegen sich mit ihrer hyalinen Spitze ganz auf die Oberseite des Blattes. An dieser Zahnspitze sind die Zellen der Epidermis grösser, keilförmig, die des darunter gelegenen farblosen Parenchyms von rundlich-polyedrischer Form, der Inhalt beider besteht aus dichtem Gummischleim. Weil im Knospenzustande sich beide Blatthälften dem Mittelnerv zu derart

einrollen, dass die Oberseite sich nach Innen kehrt, so wird diese ausschliesslich durch das Schleimsecret benetzt. Auch die zipfelförmigen Zähne der Stipulae besitzen eine derartige, hyalien Spitze, welche aus keilförmigen erweiterten Epidermidalzellen und den darunter gelegenen Parenchymzellen besteht und eine schleimabsondernde Zotte darstellt; die Stipularzähne sind geeignet, die Blattunterseite in der Knospenlage zu benetzen.

Unterhalb der deutlich abgesetzten, zur Colletern modificirten Zahnspitze endigen im Zahn, und zwar in einer kleinzelligen Parenchymgruppe desselben, drei Nervenäste; diese Nervenendigung tritt auf der Oberseite als leichte Anschwellung hervor und liegt darüber eine Gruppe von Spaltöffnungen. — Viola odorata stimmt damit überein. Bei V. tricolor sind die Zipfel der Stipulae zu sehr schönen Colleteren ausgebildet.

Lepidium latifolium.

Die Spitzen der Blattzähne werden eingenommen von einer hyalinen Zellgruppe, die von einer Epidermis mit eigenthümlich gestrichelten Zellen überzogen wird, auf welcher sich eine Gruppe von Spaltöffnungen befindet.

Alliana officinalis.

Die Spitzen der Blattzipfel sind gestutzt; sie werden gebildet aus einem Gewebe kleinerer, mit Schleim erfüllter Zellen, in welches drei Nervenäste eintreten, welche die Zahl ihrer Spiralgefässe hier vermehren und dieselben zipfelförmig divergiren lassen. Die darüber liegende Epidermis trägt zahlreiche Spaltöffnungen.

Fumariaceae.

Dicentra spectabilis. Die Spitzen der Zipfel des zertheilten Blattes eilen demselben in der Entwicklung voraus, bereits frühzeitig sind ihre Zellen ausgebildet und übertreffen die des übrigen Blattes an Grösse; in dieselbe endigen meist drei, kurz vorher connivirende Nervenstränge. Die weiten Zellen der Spitze sind von gleicher Beschaffenheit, hyalin und enthalten Schleim. Arten von Fumaria besitzen eine ähnliche Umbildung der Blattzipfel-Spitzen.

Helleborus intermedius.

In die sehr langen und spitzen Zähne der Blätter treten Nervenäste ein, um eine Strecke unterhalb der Spitze blind zu endigen. Die Zellen der Spitzen bestehen aus prosenchymatisch-gestreckten Zellen, welche im frühsten Jugendzustande des Blattes Schleim führen, später jedoch eine Uebergangsform darstellen zu den Zähnen der Blätter von Berberis, durch die starke Verdickung der Zellmembranen stachelartig werden. Es kommen an verschiedenen Stellen des Blattes, auch an der Spitze der Zähne, schlauchförmige Trichomzotten mit schleimigen Inhalt vor.

Ranunculus repens.

Auf der Spitze der Blattzipfel bemerkt man auf der Oberseite einen hellen Fleck, welcher daher rührt, dass ein ziemlich kreisförmig umschriebenes Stück Zellgewebe kein Chlorophyll enthält; auf der Unterseite der Blattspitzen treten diese hellen Flecke nicht hervor. Bei der Betrachtung von oben sieht man auf den hellen Flecken eine Anzahl Spaltöffnungen, die sich durch ihren fast kreisrunden Porus von den Spaltöffnungen der übrigen Blattfläche unterscheiden, wie auch die Epidermiszellen dieses Theils kleiner sind und nicht die geschwungenen Wände besitzen, wie die des übrigen Blattes. Die Gefässbündel zumeist dreier Nerven endigen blind in einer solchen Stelle. Längsschnitte durch einen derartig modificirte Blattspitze ergeben, dass dieselbe gebildet wird aus chlorophyllosen, schleimhaltigen Parenchymzellen, welche an der Spitze die Fortsetzung der zu einem einzigen Gefässbündel vereinigten Nervenäste bilden; nach oben wird diese Zellgruppe von der beschriebenen Epidermis begrenzt, deren Spaltöffnungen Entleerungscanäle darstellen für das schleimige Secret der Zellen, von der Epidermis der Unterseite bleibt sie getrennt durch eine oder einige Schichten grünen Mesophylls. — Bemerkenswerth ist, dass diese farblosen Zellgruppen mit der eigenthümlichen Epidermis sich erst ziemlich spät ausbilden, kurz vor Entfaltung des Blattes aus der Scheide eines älteren.

Caltha palustris.

Die Kerbzähne der Blätter an dieser Pflanze zeigen dieselbe Bildung behufs Schleim-Secretion wie die Blattzipfel von Ranun-

culus. Die jungen Blätter sind nach der Oberseite zusammengebogen. Die Kerbzähne tragen an ihrer Spitze, und zwar ebenfalls der Oberseite zugekehrt, eine Gruppe von Zellen mit hyalinem schleimigem Inhalt, überzogen von einer modificirten Epidermis und Spaltöffnungen, deren runder Porus offenbar einen Secretionscanal darstellt; vor einer solchen Zellgruppe endigen blind die Gefässe drei bis fünf mit einander verschmolzener Nervenstränge. — Diese schleimhaltigen Blattspitzen vertrocknen nicht, sondern sind sowohl hier wie bei Ranunculus noch an alten Blättern deutlich sichtbar, sie bilden sich überhaupt erst verhältnissmässig spät am Blatte aus. An älteren Blättern findet man den Porus der Spaltöffnungen in der Regel mit Staub verstopft, der durch das schleimige Secret zusammenklebte.

Rückblick auf die den vorstehenden Gegenstand behandelnde Literatur.

Die erste Erwähnung der Nectar-Absonderung an Laubblättern findet sich meines Wissens bei Chr. Conrad Sprengel, welcher in seinem bekannten Werke „das neuendeckte Geheimniss" u. s. w. auf pag. 356 bereits die auf den Stipulä von Vicia Faba, sepium, sativa vorkommenden secernirenden Flecke erwähnte. Dieselben wurden später von Fuckel[1]) genauer untersucht, welcher bereits erkannte, dass dieselben aus kurzen, dichtstehenden Haaren gebildet würden. Kurz vor Fuckels Veröffentlichung machte auch Schlechtendal[2]) eine Mittheilung über Zuckerausscheidungen an Blättern; dieselbe geht aber nicht über die Erwähnung hinaus, dass an den Blättern von Clerodendron und Viburnum Tinus Drüsen vorhanden seien, welche „Zucker" secernirten.

Einen sorgfältigen Bericht über die „Zuckerdrüsen" bei den zuletzt genannten beiden Pflanzen und bei Acacia longifolia giebt Unger.[3]) Derselbe beschreibt sehr gut die secernirenden Flecke von Clerodendron, er hat die drei Zellschichten, besonders auch die Prismenschicht richtig erkannt. In Betreff der am Rande der Spreite von Viburum Tinus befindlichen, ähnlich functionirenden Organe bemerkt Unger, dass zu ihnen sich ein Gefässbündel hinziehe, um unterhalb der Drüse blind zu endigen oder vielmehr in

1) Flora 1846. No. 27.
2) Botan. Zeit 1844. No. 1.
3) Flora 1844. No. 41.

die zartwandigen, gestreckten Zellen derselben überzugehen. Eingehender wird Acacia longifolia behandelt, und da ich Ungers Beschreibung ganz zutreffend finde, so will ich den wesentlichen Inhalt hier kurz reproduciren. An der Basis des Blattes (Phyllodiums) befindet sich am oberen Rande eine kleine, punctförmige Vertiefung, die den Ausführungsgang einer spaltförmigen Höhle in der Blattsubstanz darstellt. Diese Höhle ist von mehren Schichten sehr zartwandiger, dicht aneinander schliessender Parenchymzellen umgeben, welche das zuckerhaltige Secret bereiten und zunächst in die Höhle entleeren. Die benachbarten Gefässbündel entsenden gegen die Drüse kleine in das Gewebe derselben übergehende Aeste. Die Drüsenzellen enthalten nach U. Schleim.

Eine grössere Zahl derartiger Apparate finden wir bei Caspary[1]) aufgeführt. So die runden Flecke auf den Blättern von Clerodendron, von denen Caspary angiebt, ohne die Arbeit Ungers zu erwähnen, dass sie folgendermassen beschaffen seien: „Duo strata cellularum. Superius nectar secernens stratum e globosis, parvis . . . cellulis constat . . . Epidermis et stomata desunt. Ausserdem behandelt Caspary bereits die Nectarien der Blätter von Prunus und Impatiens, und bemerkt dazu, von Treviranus über dieselben unterrichtet worden zu sein. Es wird die Stellung der betreffenden Organe von Prunus avium beschrieben, welche aus „cellulis parvis, subglobosis" bestehen und der Epidermis entbehren sollen. Damit im Bau übereinstimmen sollen die ähnlichen Drüsen von anderen Drupaceen und Viburnum Opulus. Auch für Prunus Laurocerasus wird das Vorkommen auf dem Rücken der Blätter constatirt und hier auch richtig angegeben, dass die äussere Schicht des Drüsengewebes aus langen, cylindrischen, zur Oberfläche senkrechten Zellen bestehe.

Für die Balsamineen wird die Stellung der Nectarien genauer erörtert, während die Schilderung des anatomischen Baus wenig verständlich ist; bei B. hortensis u. a. Arten heisst es: Cellulae globosae . . . epidermis deest; für Impatiens-Arten: Cellulae irregulariter angulatae, tamen omnes in directiones fere ejusdem diametri.

Auch für Catalpa syringaefolia sind die Nectar secernirenden Stellen der Blätter richtig bezeichnet; dann heisst es: Glandulae e minimis cellulis irregulariter angulatis, longioribus quam latis

---

1) De Nectariis, Elverfeldae 1848. pag. 40 ff.

constant; cellularum directio longitudinalis ad centrum glendulae versa est.

Genauer werden die in Rede stehenden Theile an einer Anzahl Pflanzen von Martinet[1]) beschrieben. Der Bau der an den Blattstielen von Cerasus und Passiflora vorkommenden Drüsen ist ziemlich richtig angegeben, auch hervorgehoben, dass auf den Zipfeln der Spreite sich ähnliche Drüsen befänden. Alle analogen Organe anderer Pflanzen sollen den gleichen Bau besitzen. Die an den Blattstielen befindlichen Drüsen betrachtet der Verfasser „comme des portions du limbe de la feuille deplacées et avortées, ou malgré comme des veritables feuilles.“ Bei dieser Gelegenheit will ich einer eigenthümlichen Auffassung von Reissek[2]) gedenken, welcher die am Blattstiel von Ricinus befindlichen Drüsen für morphologische Homologa der Samenknospen erklärt. Dasselbe Organ, welches am Laubblatt als Drüse erscheint, soll am Fruchtblatt zur Samenknospe werden.

Ueber die der Secretion anderer Stoffe dienenden Zipfel der Blätter sind, soviel ich in Erfahrung gebracht habe, in den letzten Jahren nur einige Notizen bekannt geworden; ist doch erst durch Hanstein's grundlegende Arbeit[3]) die Aufmerksamkeit auf diese Secretions-Vorgänge gelenkt worden. Wenn auch Hanstein hier vorwiegend die secernirenden Trichome in Betracht zieht, so war es ihm doch keineswegs entgangen, dass die Rolle, welche er allgemeinhin den Drüsenhaaren der Knospe zuerkannt, auch von Zipfeln der Stipulä übernommen werden könnte (Vgl. speciell a. a. O. p. 751 den Abschnitt über Viola und Fig. 103 bis 114 auf Taf. XII.; desgl. Rosa, Pirus, Prunus pag. 754), wenn auch Hanstein diese Bildungen als auf der Spitze der Zipfel stehende Trichome auffasst (pag. 781, No. 8).

In Betreff der über der Nervenendigung der Blattzähne gelegenen Spaltöffnungen ist zunächst Mettenius[4]) zu erwähnen, welcher dieselben bei Tropäolum, Eranthis, Aconitum u. A. beobachtete, auch eine Tropfenausscheidung bemerkte.

Von Wichtigkeit ist dann ein Aufsatz von Borodin[5]): Ueber den Bau der Blattspitze einiger Wasserpflanzen[5]), welcher über

1) Annales des sciences naturrelles. 5série. Bot. t. 14 (1872) p. 188 ff.
2) Bot. Zeit. 1853. p. 338.
3) Bot. Zeit. 1868. No. 43 ff.
4) Filices hort. bot. Lips. 1856.
5) Bot. Zeit. 1870. No. 53.

der Nervenendigung in der Blattspitze von Callitriche Spaltöffnungen beobachtete, die nach kurzer Dauer verschwinden sollen. Unter diesen Spaltöffnungen befindet sich ein farbloses Parenchym dicht zusammenschliessender Zellen, welche mit abgerundeten Enden an einen unter den Spaltöffnungen gelegenen Hohlraum grenzen. Borodin bemerkt dazu, dass dieses kleinzellige farblose Gewebe den Eindruck eines Secretions-Organs mache; auch an Hippuris fand derselbe solche Spaltöffnungen, Askenasy[1]) bei Ranunculus aquatilis und Hottonia. — Ferner giebt Borodin eine Darstellung von den in gummöse Desorganisation übergehenden Blattzipfeln von Myriophyllum und Ceratophyllum, und von ähnlichen Stipulargebilden bei ersterer Pflanze, die aber bereits früher von Mercklin, Jrmisch und Eichler erwähnt und abgebildet worden sind, was ich dem Aufsatz von Magnus (Bot. Zeit. 1871. No. 29) entnehme, ebenda wird angegeben, dass die papillenförmige Abrundung der Zellen an den Spitze junger Blätter von Epilobium von Normann 1857 wahrgenommen sei. In dem angezogenen Aufsatz bemerkt Magnus, dass die von Borodin angegebene Bildung der Blattspitzen von Callitriche manchen Landpflanzen zukomme und giebt eine genauere Beschreibung für Crassula-Arten, auf welchen bereits Treviranus diese Organe entdeckte und dieselben beschrieb in seiner Physiologie II. pag. 8 bis 10; und sein Ficus in Betreff der Einzelheiten verweise ich auf das Original; er erklärt mit Treviranus sie für Secretionsorgan.

Eine ausführlichere Darstellung der secernirenden Blattzipfel von Myriophyllum findet sich auch noch bei Vöchting[2]).

An diese Angabe schliesst sich eine Notiz von Buchenau[3]) über eine unterhalb der Blattspitze von Scheuchzeria befindliche Grube, welche wahrscheinlich secernirender Natur ist.

Auch Engler[4]) konnten bei seinen Untersuchungen über Saxifraga die auf der Oberseite der Blattzähne über den Nervenendigungen stehenden Grübchen nicht entgehen, welche derselbe als die Secretions-Stätten des von vielen Arten ausgeschiedenen kohlensauren Kalks in Anspruch nimmt; eine genauere anatomische Darstellung wird nicht gegeben.

1) Bot. Zeit. 1870. No. 52.
2) Beitr. z. Histol. u. Entw. von Myriophyllum, Dresden 1872.
3) Bot. Zeit. 1872. No. 9.
4) Monographie der Gattung Saxifraga Breslau 1872. pag. 14.

Prantl[1]), welcher ebenfalls die hier einschlägige Literatur behandelt, erwähnt des Vorkommes der Spaltöffnungen über den Blattzähnen von Alchemilla, welche keine Luft enthalten, sondern Wasser ausscheiden; er bringt für alle die hier erwähnten Spaltöffnungen den Ausdruck „Heterostomata" in Vorschlag.

Odendall[2]) endlich giebt eine Beschreibung der über den Nervenendigungen der Begoniaceen auf der Oberseite der Blätter vorkommenden Spaltöffnungen, welche er für Secretionsorgane erklärt; vor der Ausbildung der Spaltöffnungen war ihre Stelle von einem „Drüsentrichom" eingenommen.

Die grösste Mannigfaltigkeit und Menge von Schleim secernirenden Organen findet sich wohl bei Gunnera. Ich habe anderweitig darüber berichtet[3]).

Die auf vorstehenden Blättern gegebenen Mittheilungen zeigen, dass die Sägezähne am Rande der Dicotylen-Blätter in den meisten Fällen Träger eigenthümlicher Organe sind, von denen sich in der Regel eine secernirende Thätigkeit nachweisen lässt, die entweder in die Zeit des Knospenzustandes oder in spätere Altersstufen der Blätter fällt. Ausser den dornig modificificirten Blattzähnen mancher Pflanzen habe ich nur an der Serratur des Blattrandes von Aesculus keine derartigen Bildungen aufzufinden vermocht.

Was das gelieferte Secret anlangt, so ist dasselbe in der Knospe ein zäher flüssiger Schleim oder Harz, am ausgebildeten Blatte nur eine wässrige oder etwas schleimige Flüssigkeit; im Einzelnen sind darüber besondere Untersuchungen anzustellen.

Was die verschiedene Form der Drüsenorgane der Blattzähne anlangt, so gruppiren sich dieselben naturgemäss in äussere hervortretende und eingesenkte Drüsen; die ersteren bilden eine stufenweise sich ändernde Reihe, die folgende Typen umfasst: Kerria, Prunus, Betula, Corylus, wo das secernirende Organ im ersten Fall aus einem ganzen Blatt-Abschnitt, im letzten Falle nur aus einem aufgesetzten Trichom besteht.

Die zweite Hauptform, in den Abbildungen durch Ribes und Epilobium vertreten, ist besonders zahlreich und tritt erst am entwickelten Blatte deutlich hervor, um hier unter günstigen Umständen klare Tropfen auszuscheiden. Wenn die hierher gehörigen Zähne auch bereits in der Knospe Schleim secerniren, so verhalten sie

1) Flora 1872. No. 22.

2) Beiträge zur Morphologie der Begoniaceenphyllome, Bonn 1874.

3) Morphologische Abhandlungen, Leipzig 1873.

sich mit Kerria übereinstimmend. Combinirt treten beide Formen z. B. bei Viola auf, und ich will bei dieser Gelegenheit als nachträgliche Beobachtung hervorheben, dass eine ganze Anzahl der an den Typus von Betula anschliessenden Arten später über der Nervenendigung des Zahns eine Gruppe von Spaltöffnungen ausbildet und sich somit wie Viola verhält.

Endlich sei noch darauf aufmerksam gemacht, dass wohl allgemein die gleichen Bildungen, die an den Zähnen constatirt wurden, auf der Spitze nicht gezähnter Blätter vorkommen, worauf hier mit Ausnahme der eigenthümlichen Blattspitze von Epilobium nicht weiter eingegangen ist.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XI.

Fig. 1. Prunus avium. Längsschnitt durch einen der untersten Zähne am Blattrande, welcher durch seine Abrundung eine Uebergangsform zwischen den Harz secernirenden Zähnen und den an Blattstiel sitzenden Nectarien darstellt. In dem gleichmässigem Grundgewebe endigt ein Gefässbündel blind; die auf der Blattfläche von einer starken Cuticula überzogenen Epidermis spaltet sich am Scheitel in die beiden Schichten von Prismenzellen, deren Cuticula, da das Präparat aus einem eben ausgewachsenen Stadium angefertigt wurde, noch nicht abgehoben ist.

Fig. 2. Prunus avium. Längsschnitt durch einen Theil der Prismenschicht und die darunter liegenden Zellen aus einer im secernirenden Stadium befindlichen Drüse des Blattstiels; durch einen von den Prismenzellen ausgeschiedenen Flüssigkeitstropfen ist die Cuticula emporgehoben.

Fig. 3. Prunus avium. Rand eines ganz jungen Blattes mit drei Zahn-Anlagen, deren Cuticula blasenartig abgehoben ist.

Fig. 4. Kerria japonica. Optischer Längsschnitt durch die Spitze eines Blattzahn's in Richtung der Blattfläche; die mittleren, dunkleren Zellen besitzen einen stärkeren Gehalt an Farbstoff.

Fig. 5. Vicia Faba. Schnitt durch einen Theil eines auf der unteren Fläche der Stipula gelegenen, Nectar secernirenden Flecke; zahlreicke, dicht beisammen stehende Haare, ein- bis vierzellig, bilden das secernirende Organ.

Fig. 6. Betula alba. Optischer Längsschnitt einer auf der Spitze eines Blattzahns befindlichen Colletere. Das zapfenförmige, axile Gewebe derselben geht in das Mesophyll des Blattes über, während die grossen, keilförmigem, secernirenden Zellen mit der Epidermis zusammenhängen.

Fig. 7. Corylus Avellana. Optischer Längsschnitt durch eine die Spitze eines Blattzahns krönende Zotte. Dieselbe hat den morphologischen Werth eines Trichoms.

Fig. 8. Evonymus japonicus. Endigung eines Niederblattzahns aus einer Laubknospe: das Gewebe der Blatt-Lacinie geht ganz allmählig in ein aus nur einer Zellreihe bestehendes Haar über.

Taf. XII.

Fig. 9. Ribes multiflorum. Spitze eines Blattzahns von oben; über der Endigung dreier, mit einander verschmolzender Gefässbündel liegt eine grosse, der Secretion dienende Spaltöffnung.

Fig. 10. Epilobium Dodonaei. Längsschnitt durch die Spitze eines jungen Blattes. Die Zellen der Spitze sind in schleimiger Desorganisation begriffen.

Fig. 11. Epilobium Dodonaei. Längsschnitt durch die knotenförmige Auftreibung an der Spitze eines Blattzahns. Das Mesophyll ist zu beiden Seiten des Drüsengewebes und Gefässbündels aus ziemlich gleichartigen Zellen gebildet. Das Drüsengewebe nebst Höhle und Spaltöffnung sind sehr schön entwickelt.

Fig. 12. Catalpa syringaefolia. Längsschnitt durch zwei dicht neben einander stehende, Nectar aussondernde Trichom-Drüsen der Blattfläche; aa sind die grossen, mit wässrigem Saft erfüllten Stielzellen.

Fig. 13. Clerodendron fragraus. Schnitt durch einen Theil einer Nectar absondernden Scheibe; die Epidermis spaltet sich in drei Schichten.

Fig. 14. Viola ordorata. Optischer Längsschnitt eines Blattzahns; an der Spitze findet sich eine Gruppe keilförmiger, secernirender Epidermis-Zellen, weiter nach rückwärts liegen einige Spaltöffnungen über der breiten Endigung dreier, connivirender Nerven.

Ueber den Befruchtungsvorgang bei den Basidiomyceten.

Von

Dr. Max Reess.

Mit 4 Holzschnitten im Text.

I.

Die Annahme, dass der Fruchtkörper der Basidiomyceten gleich dem Sporocarpium der Ascomyceten aus der geschlechtlichen Befruchtung eines Carpogoniums hervorgehe, wird heutzutage kaum Gegner finden. Sie folgt mit höchster Wahrscheinlichkeit aus den Thatsachen, welche über den Entwickelungsgang der gesammten höheren Thallophyten, insbesondere der Florideen und Ascomyceten, in den letzten Jahrzehnten erkannt worden sind. Auch hat sie erst in jüngster Zeit durch die Einreihung der Basidiomyceten unter die Carposporeen entschiedenen Ausdruck gewonnen[1]. — Dagegen sind die thatsächlichen Nachweisungen über die geschlechtliche Erzeugung und die jugendliche Entwickelung des Basidiomyceten-Fruchtkörpers ziemlich ungenügend. —

Karsten ist wohl der Erste gewesen, der, unter Berufung auf ein allgemein gültiges Entwickelungsgesetz, auch für die Pilze „nicht eine Befruchtung der Basidien und Ascen“ erwartete, vielmehr dieselbe „in den ersten Anfängen des Hutes“ suchte[2].

Ueber seine an Agaricus campestris L. angestellten einschlägigen Beobachtungen hat er am 17. December 1861 der Berliner Gesellschaft Naturforschender Freunde eine Mittheilung gemacht, deren auszugsweise Wiedergabe so schwierig erscheint, dass ich vorziehe, sie wörtlich anzuführen[3]:

---

1) Sachs, Lehrbuch d. Botanik. 1874. IV. Aufl. 335. Vergl. auch Brefeld, Schimmelpilze 1874. II. Heft. 79 u. 87.

2) Karsten, das Geschlechtsleben der Pflanzen. Berlin 1860 p. 50.

3) Abgedruckt in Bonplandia 1862 Nr. 4 p. 63 und in Karsten, Gesammelte Beiträge, Bd. I p. 344. (1865).

„Herr Karsten sprach über die Entwickelung der Champignonfrucht, deren erste Anfänge er in den bisher von einigen Botanikern als Spermatien des Myceliums gedeuteten Organen erkannte. Die vom Redner während seiner Reise in Südamerika entdeckte und früher schon veröffentlichte Entwickelungsgeschichte der Flechtenfrucht, welche mit allen ihren Samen (Sporen) gleich den Früchten der Moose und Lebermoose aus einer einzigen Zelle sich hervorbildet, wurde von ihm als Analogon der Entwickelungserscheinungen der Champignonfrucht betrachtet. Die sogenannten Spermatien des Pilzmyceliums sind nichts weiter als die ersten, meistens unentwickelt bleibenden Anfänge der Pilzfrucht, sterile Fruchtanfänge, die auch bei den Moosen und Flechten regelmässig in grosser Menge vorhanden sind. Die entwickelungsfähigen jüngsten eiförmigen Fruchtanfänge der Pilze sieht man angefüllt mit eiweissartigem Stoffe, und dieselben werden überwuchert von Anfangs einzelnen Fäden des Pilzmyceliums, die fortwährend an Zahl zunehmen, und endlich eine dicke Rinde (Peridium, Velum) über die inzwischen sich vergrössernde centrale Eizelle bilden.—Die Früchte (Apothecien) der Flechten entstehen durch Vergrösserung und innere Entwickelung einer Astzelle der Markschicht (Gonidium) in Folge der Vermischung des Inhalts einer oder einiger Zellen der Rindenschicht, wie dies der Redner in seiner Schrift „das Geschlechtsleben der Pflanzen und die Parthenogenesis" ausführlich erörterte; nach Analogie dieses Vorganges vermuthet derselbe, dass auch eine Vermischung des Inhalts der (oben bezeichneten) fadenförmigen Zellen des Pilzmyceliums mit dem Plasma stattfinde, welches in der eiförmigen Zelle enthalten ist, die den jüngsten Zustand der Pilzfrucht darstellt. Diese Entwickelungszustände legte der Redner in natura vor."

Später erweitert und illustrirt Karsten seine Angaben durch Darstellung der Sexualorgane, der Befruchtung, und einiger jungen Entwickelungszustände des Fruchtkörpers von Agaricus vaginatus Bull[1]).

Hier findet er, „von den entwickelten Früchten zu immer jüngeren Zuständen zurückgehend," durch Grösse und Plasmagehalt ausgezeichnete weibliche Zellen („Archegonien") am Mycelium; diese werden durch fadenförmige Myceläste befruchtet; die Befruchtung geschieht mittelst Verwachsung der beiden Sexual-

1) Karsten, Bot. Untersuchungen aus dem physiol. Laborat. etc. Bd. I. p. 160 ff., Taf. IX, 7—13. Berlin 1867.

organe; an der Verwachsungsstelle zeigt sich eine „den feinporösen Siebwandungen ähnliche“ Structur; in Folge der Befruchtung wird das „Archegonium“ von Fäden eingehüllt, welche aus der Basis theils des männlichen, theils des weiblichen Zweiges entspringen. —

Die soeben skizzirte Beschreibung und besonders die Abbildung in Fig. 9 bestechen, wie bereits von de Bary[1]) hervorgehoben wurde, durch die auffällige Aehnlichkeit der dargestellten Verhältnisse mit dem bekannten Befruchtungsvorgang von Peziza confluens P.[2]). Sie verlieren aber an Werth, sobald man sieht, dass für den Entwickelungszusammenhang der abgebildeten Zellengruppen mit den ferner gezeichneten, weit vorgeschrittenen Fruchtkörpern eine Beweisführung nicht einmal versucht ist. Während Karsten bei Agaricus campestris im heranwachsenden Fruchtkörper seine „centrale Eizelle“ sich vergrössern sah, konnte er sie bei Agaricus vaginatus an „etwas weiter entwickelten Fruchtanfängen“ nicht mehr wahrnehmen[3]).

Karsten steht indessen mit dem wesentlichen Inhalt seiner Angaben nicht allein. Eine Arbeit von Oersted[4]) über die Befruchtungsorgane der Blattschwämme führt in der Hauptsache zu der gleichen Ansicht.

Nachdem Culturversuche von der Spore ab durch Absterben des Keimmyceliums gescheitert waren, liess Oersted das Mycelium des Agaricus variabilis P. aus der sonst von demselben durchzogenen Gartenerde auf Glasplatten kriechen. Er sah alsdann zunächst Conidienträger[5]), Corda's altem Formgenus Cephalosporium entsprechend, auf dem Mycelium sich entwickeln. Später trug das gleiche Mycelium Geschlechtsorgane. Als solche beschreibt und zeichnet Oersted einerseits nierenförmige Eizellen, anderseits dünnfädige Antheridien, welche den Eizellen sich anschmiegen. Ueber eine eigentliche Verschmelzung beider Organe ist, soweit ich den dänischen Text verstehe, Nichts gesagt, ebensowenig über

1) de Bary, Morph. u. Phys. der Pilze. Leipzig 1866 p. 172 (fortan citirt als de Bary, Handbuch).

2) Vergl. de Bary, Ascomyceten 1863 p. 10 ff. Taf. II. — Tulasne Ann. d. sc. nat. Bot. V Sér. t. 6. 1866. Taf. 11. 12.

3) a. a. O. p. 162 und 165.

4) Oersted, A. S., in Oversigt over det kgl. danske Vidensk. Selsk. Forhandl. 1865 p. 11—23, 2 Tafeln.

5) Die Keimung seiner Conidien hat Oersted übrigens nicht nachgewiesen. Demselben Agaricus variabilis schreibt neuerdings Fuckel noch eine andere Sorte von Conidien zu. (Vergl. Just, Botan. Jahresb. f. 1873 p. 95).

die nächsten Folgen der Befruchtung. Darum fehlt auch jede Vermittelung mit den zahlreich abgebildeten makroskopischen Jugendzuständen des Fruchtkörpers, welche auf dem die Gartenerde bewohnenden Mycelium aufschiessen. —

Bei der Prüfung von Oersted's Zeichnungen fällt zunächst auf, dass die Hälfte seiner Antheridien von den Eizellen wegwächst, statt sich denselben anzulegen. Sodann ergeben sich einige Bedenken über die Identität der Conidien, Sexualorgane, und Fruchtkörper tragenden Mycelien. Diese Identität übrigens zugestanden, so gilt gleichwohl der Karsten gemachte Vorwurf des mangelnden Entwickelungsnachweises doppelt und dreifach gegen Oersted, dessen Bericht sonst durch einfache Klarheit von dem Karstenschen vortheilhaft sich auszeichnet.

Karsten und Oersted sind, soviel ich weiss, die einzigen Beobachter, welche im Sinne unserer heutigen Fragestellung dem Befruchtungsvorgange der Basidiomyceten näher getreten sind.

Gleichwohl ist der Streit über diesen Vorgang schon ziemlich alt; so alt, als die Frage nach der Sexualität der Pilze überhaupt. Aus der Vergleichung des stattlichen Fruchtkörpers der typischen Hymenomyceten mit einer reichgegliederten Blüthenpflanze folgte für die Botaniker des XVIII. Jahrhunderts selbstverständlich die Deutung des Pilzmyceliums als Wurzel, des Pilzstrunkes als Stamm, des Hutes als Blüthenstand. So spricht zuerst Micheli 1729 von den „flores“[1]) im Hut dieser Schwämme, Gleditsch erweitert und präcisirt Micheli's Angaben, indem er mit kühner Phantasie „Stamina“, und, in den Lamellen des Hutes verborgen, weibliche Organe unterscheidet[2]). Bulliard[3]) endlich schildert und malt die Befruchtung der Sporen durch ein „fluide spermatique“, welches aus Gleditsch's „Stamina“ sich ergiessen soll. Die späteren Autoren, bis auf die Verfasser der Monographieen, Hand- und Lehrbücher der fünfziger Jahre, besprechen fast nur die hier angedeutete Form der Frage, bis schliesslich die Meinung, Gleditsch's

---

1) Micheli, Nova plantarum genera, 1729. p. 137.

2) Gleditsch, Histoire de l'Ac. royale. Année 1748. Berlin 1750. p. 60. — Methodus fungorum, 1753, p. 62. 81.

3) Bulliard, Champ. de la France. 1791. pag. 12. 36. 39 ff. pl. I. fig. III.

Stamina, seit Corda „Pollinarien" genannt, seien männliche Sexualorgane, zu Grabe getragen wird [illegible].

Natürlich hat auch Hedwig's Ansicht[2]), wonach die männlichen Sexualorgane am Stiel der Pilzfrucht, insbesondere am Ring ihren Sitz hätten, einen Fortschritt in der Erkenntniss des Befruchtungsvorganges nicht veranlasst. Nicht einmal Ehrenberg, welcher für seine „fungi coenotoci" die Entstehung der Myceliumstränge auf eine geschlechtliche Verschmelzung der einfachen Hyphen zurückführt[3]), kann als Vorläufer von Karsten und Oersted gelten.

II.

Die Darstellung, welche Karsten und Oersted von dem Befruchtungsvorgange der Basidiomyceten gegeben, hat trotz einer gewissen inneren Wahrscheinlichkeit nicht allzuviel Anklang gefunden. Die wesentlichen Einzelnheiten dieses Befruchtungsvorganges gelten heute noch für dunkel. Selbst Oersted scheint in seinen letzten Jahren auf seine eigenen Angaben nur mehr geringes Gewicht gelegt zu haben[4]). Eine Wiederaufnahme der Untersuchungen über diese morphologisch hochwichtige Frage ist darum gewiss erwünscht.

Dabei wird es vor Allem darauf ankommen, den Entwickelungsgang einer Form von der keimenden zur reifenden Spore [illegible] Zeit, in [illegible] Beschaffenheit der [illegible] Befruchtung, endlich

---

1) Da die [illegible] ausführliche Litteratur auf meine jetzige Fragestellung [illegible] unmittelbaren Einfluss [illegible] ist und überdies von Tulasne [illegible] hinreichend gewürdigt ist, so verweise ich hier nur auf:

Corda, [illegible] III. p. 44.

Phoebus, [illegible] XIX [illegible] 1839 [illegible]

Hoffmann, [illegible] 37 f.

Tulasne, [illegible]

[illegible]

2) Hedwig, [illegible] 1784 [illegible] Hedwig's männliche [illegible]

3) [illegible]

4) Vergl. [illegible]

[illegible]

die Ausbildung und morphologische Differenzirung des Fruchtkörpers werden gleich wichtige Abschnitte der Fragestellung sein. Die bisher zumeist in's Auge gefassten Formen mit ungern keimenden Sporen, selten gedeihendem Keimmycel, schwer bestimmbaren jüngsten Fruchtanfängen werden einem Untersuchungsmaterial Platz machen müssen, welches stets zu haben ist, rasch und sicher keimt, in übersichtlicher Cultur von der Spore ab wohlgenährtes Mycel und daran in kürzester Frist Fruchtkörper entwickelt, deren Zurückführung auf die allerersten Anlagen keinem Bedenken unterliegt.

Alle diese Eigenschaften vereinigen sich in hohem Grade bei den kleineren, zarten und vergänglichen, mistbewohnenden Arten der Gattung Coprinus. Schon Bulliard hat dieselben aus Sporen gezogen, indem er sporenbedeckten alten Pferdemist mit frischem Mist vermengte und die Mischung unter einer Glasglocke feucht erhielt[1]). Eine solche Aussaat ist bekanntlich nicht einmal nothwendig, insofern der frische Pferdemist mit fast untrüglicher Sicherheit stets Coprinussporen enthält, und in Folge dessen, auch unbesäet, binnen kurzer Frist die Fruchtträger in dichten Rasen aufschiessen lässt.

Ueberdies hat de Bary schon vor 1866 den Bulliard'schen Culturversuch in wissenschaftliche Form gebracht, d. h. er hat in ausgekochtem, somit keimfreiem Mist aus den ausgesäeten Sporen des Coprinus fimetarius Fr. dessen junge Fruchtanfänge binnen 3 Wochen sogar auf dem Objectträger erzogen[2]). Später hat Woronin die Coprinuscultur der fortgesetzten mikroskopischen Controle zugänglich, also erst recht entwickelungsgeschichtlich verwerthbar gemacht, insofern er den Nachweis lieferte, dass in klarem Pferdemistdecoct Coprinus ephemerus Bull. von der keimenden Spore bis zum ausgebildeten Fruchtkörper gebracht werden kann. Seine im Jahre 1872 erschienene russische Veröffentlichung ist meines Wissens in Deutschland nicht bekannt geworden und mag daher hier in einer, vom Verfasser selbst freundlichst mitgetheilten Uebersetzung wörtlich Platz finden[3]):

„M. Woronin sprach über die Culturversuche, die er mit einigen mistbewohnenden Pilzen aus der Abtheilung der Hyme-

1) Bulliard, a. a. O. 395.
2) de Bary, Handbuch p. 190.
3) Sitzungsberichte der botanischen Section der Naturforscher-Gesellschaft zu St. Petersburg. Sitzung vom 17. (29.) Februar 1872.

nomyceten angestellt hat. Herrn Woronin ist es geglückt, die Entwickelungsgeschichte des Coprinus ephemerus Bull., von Spore zu Spore, auf dem Objectträger, und dabei nicht auf einem festen Substrate, sondern in einer Flüssigkeit zu erhalten; er säete die Sporen dieses Pilzes in ein gut durchgekochtes und filtrirtes Decoct frischen Pferdemistes. — Die Sporen des Coprinus ephemerus fangen manchmal schon 2 Stunden, spätestens aber 6 Stunden nach der Aussaat an zu keimen; in ganz reinem Wasser ist die Keimung derselben kein einziges Mal beobachtet worden. Die im Decocte ausgesäeten Sporen treiben Keimfäden, die in einigen Tagen ein sehr üppiges Mycelium geben. Auf den Hyphen eines solchen Myceliums bekam Herr Woronin die jugendlichen Fruchtkörper-Anlagen des Coprinus ephemerus, aus welchen auf dem Objectträger völlig normal gestaltete Pilzkörper sammt Stiel und Hut, obgleich in sehr kleinen Zwerg-Exemplaren, sich entwickelten. Obgleich die Untersuchungen von Woronin noch lange nicht als völlig abgeschlossen zu betrachten sind, geben ihm dieselben dennoch schon jetzt das volle Recht zu schliessen, dass die Methode seiner Untersuchungen (nämlich, die Cultur auf Objectträgern, in kleinen Tropfen von ganz frischem Pferdemistdecocte, welche jeden Tag durch neue ersetzt werden) zu sehr wichtigen und höchst interessanten Resultaten führen, und uns auf diese Weise hoffentlich denn auch eine klare Vorstellung der Entwickelungsgeschichte der Hymenomyceten, über welche wir bis jetzt ja in der Wissenschaft noch nichts wissen, geben wird."

Nachdem ich für die Wiederaufnahme der Frage nach der Basidiomycetenbefruchtung zunächst Agaricus campestris, Sphaerobolus stellatus, Crucibulum vulgare erfolglos einer Prüfung durch Sporenaussaaten unterzogen hatte, verstand es sich somit ganz von selbst, dass ich von Coprinus ausgehen müsse.

Ich habe von Anfang an vorzugsweise mit Coprinus stercorarius Bull. (im Sinne von Fries, Epicrisis p. 251, Monogr. Hymen. Sueciae 467, Bulliard, Champ. taf. 542 m.) gearbeitet, einfach aus dem Grunde, weil ich denselben am sichersten, raschesten und reichlichsten entwickelt fand. (Woronin's Untersuchungen an C. ephemerus waren mir damals noch nicht bekannt).

Wenn Coprinus stercorarius auf Pferdemist spontan auftritt, so reift er durchschnittlich 14 Tage nach der Entleerung des Mistes seine Fruchtkörper. Bei höherer Temperatur und Feuchtigkeit genügen 8, in trockener und kühlerer Cultur erst 18—20 Tage.

Einmal erschienen, sendet er den zuerst gereiften noch einige Tage lang neue Fruchtkörper nach. — Dagegen habe ich C. ephemerus stets langsamer sich entwickeln sehen; er ist mir nie vor dem 24. Tage reif geworden.

Zur Aussaat wurden nur frisch abgefallene Sporen verwendet. Setzt man einen abgeschnittenen, eben entfalteten Hut auf eine Glasplatte, so findet man auf dieser binnen einer Stunde eine treue dunkelbraune Silhouette der sporentragenden Lamellen ausschliesslich aus abgefallenen Sporen gebildet. — Durch die Reinheit dieser Sporenansammlung, und die characteristische Form und Farbe der Sporen wird die reine Aussaat und sichere Erkennung einer einzelnen Spore gewährleistet.

Ich machte sämmtliche Culturen auf Objectträgern, theils in Mistdecoct, theils auf kleinen, keimfrei ausgekochten Pferdemistproben. — Letztere wurden in der Regel mit mehreren, erstere in allen entscheidenden Culturen mit einer einzigen Spore besäet. Die Mistculturen gaben etwas langsamere Keimung und anfangs spärlichere Mycelbildung, trugen aber rascher und reichlicher Fruchtkörper (reife nach 8—14 Tagen). In Decoctculturen war die Keimung und Mycelbildung rasch und üppig, die Fruchtbildung mager und verzögert.

Das Decoct wurde stets aus frischem Pferdemist hergestellt. Nach dem Erkalten filtrirte sich dasselbe mikroskopisch klar. Jeweils nach einigen Tagen wurde das Decoct mit der Pipette erneut. Die besten Culturen blieben so über eine Woche lang klar und rein.

Ueberhaupt hielten sich die, in dampfgesättigte Räume gebrachten, von Zeit zu Zeit gelüfteten Culturen meist leidlich rein. Decoctculturen mussten öfter wegen Bacterien und Penicillium entfernt werden, die sonstigen Störungen durch Mucor, Pilobolus, Pleospora, Penicillium und Dictyostelium waren selten und unerheblich.

Um die Vegetation des Myceliums und einige später zu beschreibende Entwickelungsvorgänge an demselben durch eine Reihe von Tagen in Fristen von wenigen Stunden an einem und demselben Individuum lückenlos verfolgen zu können, wurden einzelne Culturen in Geissler'schen feuchten Kammern[1]) unter stärkerer Vergrösserung durchgeführt.

---

1) Vergl. Brefeld in Landw. Jahrbücher. III. Jahrg. 1874. p. 82.

III.

Die reife Spore von Coprinus stercorarius ist eine an beiden Polen etwas zugespitzte ellipsoïdische Zelle; trocken misst sie durchschnittlich 11 Mik. Länge auf 6 Mik. Breite. In trockenem Zustande anscheinend homogen und undurchsichtig, lässt sie, wasserdurchtränkt, den innern Contour ihres braunen Episporiums deutlich durchschimmern. Ueber die Existenz eines Endospors gibt aber erst die Keimung Aufschluss. Der Sporeninhalt bietet nichts Bemerkenswerthes.

Die Keimung der Sporen erfolgt weder in Wasser, noch auf dem meist ziemlich trockenen Mist, auf welchem die Spore reifte. Sie unterbleibt ferner, auch wenn alle sonstigen Keimungsbedingungen erfüllt sind, da, wo die Sporen haufenweise dicht zusammenliegen. In frischem Mist und Mistdecoct tritt sie nach wenigen Stunden ein und schreitet rasch vorwärts; rascher in concentrirtem, als in dünnem Decoct.

Sie beginnt mit der Ausstülpung einer rundlichen Papille des farblosen Endospors an einem, seltener an beiden Polen. Die Papille schwillt zur kugeligen Blase von doppelter Sporenbreite, und verjüngt sich sodann zum cylindrischen, anfangs ziemlich geraden Keimschlauch. Bald verzweigt sich dieser; Aeste und Zweige gehen, wenn sie Platz zur Ausbreitung haben, meist in rechten Winkeln ab.

Wenn bei mittlerer Zimmertemperatur 4—5 Stunden genügen, um den Beginn der Keimung an frischen Sporen eintreten zu lassen, so können nach 16—20 Stunden bereits 3 oder 4 Myceliumäste von je 10 bis 30 facher Sporenlänge entwickelt sein. Nach 3, höchstens 4 Tagen bildet das Mycelium einer Spore, im Decoct eingesenkt, ein von regelmässig radialen Hauptästen ausgehendes, in der Mitte fast lückenlos gewobenes, nach Aussen lockeres, kreisförmiges Verzweigungssystem von 1½—2 Millimeter Radius. Vom 4—5. Tage kriechen seine Zweige zum Theil auf die Oberfläche und über den Rand des Tropfens heraus, oder in der Mistcultur vom Misthäufchen auf die Glasplatte herunter, um sich als spinnwebartiger Ueberzug rasch weiter auszubreiten.

Das Mycelium ist anfangs scheidewandlos, eine einzige durchschnittlich 4 Mik. breite reichverzweigte Zelle voll von farblosem homogenem Protoplasma. Mit zunehmender Verzweigung treten immer zahlreichere Vacuolen in den älteren Theilen auf. Bald

zur Stabbildung verbraucht. Schliesslich fallen die Stabreste auch noch ab, und der plasmaleere Träger wird einem Lindenzweige, der seine Knospen verloren, vergleichbar. An seinem Fusse liegen dann 50—60 durch wiederholte Theilung der Stäbe entstandene Stäbchenzellen.

Diese Entwickelungsgeschichte der Träger und Stäbchenzellen lässt sich leicht schrittweise verfolgen, wenn man einen zwei oder drei Tage alten Sporenkeimling mit einem Decocttropfen in eine Geissler'sche feuchte Kammer saugt. Darin treten, zumal am luftumspülten Tropfenrande, die Stäbchenträger in grosser Menge auf und lassen, sofern sie an die Luft gelangeu, 40—60 Stäbchen zierlich um sich herfallen. Man überzeugt sich dabei, dass ein und derselbe Stab sich 4—5mal theilen kann; man sieht aber nie mehr als 3 Stäbchenzellen auf dem Träger unmittelbar zusammenhängen.

Ein Beispiel der Entwickelungsfolge geben nachstehende Aufzeichnungen:

(Zimmer-Temperatur 18—22° C.)

Eine Trägeranlage erhebt sich vom Mycelium	I. Tag Früh	9.
„ „ spitzt sich kegelförmig zu	„ „	11.
„ „ trägt 3 Stäbe	„ Ab.	7.
„ „ „ 5 Stäbe, davon 2 getheilt	„ „	11.
„ „ „ 7 „ „ 5 „ und zum Theil auseinandergefalllen	II. Tag „	8.

Das Mycelium erzeugt etwa 2—3 Tage lang immer neue Stäbchenträger. Ebensolang dauert ungefähr die Entwickelung des einzelnen Trägers. Ausnahmsweise, im Verhältniss selten, entstehen die Stäbchenzellen unmittelbar am Mycelium.

Von der Structur der Stäbchenzellen ist wenig zu berichten. Sie sind cylindrisch, etwa 4,5 Mik. lang, 1,5 Mik. breit, mit farbloser zarter Membran und einem eben noch unterscheidbaren Protoplasmakörper versehen.

Es lag nahe, diese Stäbchenzellen als Conidien zu betrachten. Dafür habe ich sie lange Zeit gehalten, ohne ihre Keimfähigkeit auch nur zu prüfen. Aber sie sind keimungsunfähig.

Zahlreiche, bis zum 5. und 6. Tage verfolgte Aussaaten der ganz frischen Stäbchenzellen ergaben nie eine Keimschlauch- oder Mycelbildung, auch wenn gleichzeitig zur Controle ausgesäete Coprinussporen oder Mucorconidien keimten, und die Keimung dieser letzteren ohne Beeinträchtigung der Stäbchenzellen hinsichtlich des Raumes und der Ernährung geschah.

Dagegen scheint es zuweilen, als ob die abgefallenen Stäbchenzellen im Decoct sich durch Quertheilung spärlich vermehrten. Man findet nämlich in der Stäbchenaussaat auch noch am 2. oder 3. Tage Stäbchenpaare, gerade, oder im stumpfen Winkel an der Theilungsstelle gebrochen. — Um diese leicht beobachtbare Erscheinung richtig deuten zu können, muss zunächst betont werden, dass eine Theilung einer einzelnen ausgesäeten Stäbchenzelle nie beobachtet wurde, ferner, dass bei gröberen Aussaaten eine Täuschung durch Bacterien meist wahrscheinlich, und niemals völlig ausgeschlossen ist.

Für die Keimungsunfähigkeit entscheidend scheint mir aber folgender Versuch:

Es wird ein eben die Stäbchenbildung beginnender Keimling in die Geissler'sche Kammer gezogen, und bei etwa 500facher Vergrösserung ein und derselbe Stäbchenträger durch 4 Tage beobachtet. Nur so ist es möglich, die Stäbchenzellen sicher zu identificiren. Ein Stab theilt sich, und wird, zweigetheilt aber noch nicht zerfällt, vom Träger abgestossen. Den nächsten Tag liegt er etwas vom Träger abgerückt, und ist an der Theilungsstelle gebrochen. Dann rücken die 2 getrennten Hälften allmählig auseinander, theilen sich aber nicht weiter. Einzeln vom Träger abgelöste Stäbchenzellen theilen sich nicht. Oft bemerkt man, dass ihr Inhalt sich zersetzt, obgleich daneben das Mycel wächst und gedeiht. Demnach findet eine Theilung der Stäbchenzellen überhaupt nicht statt. Objecte, die eine solche wahrscheinlich machen, sind entweder unzerfällt losgelöste Stäbchenpaare, oder etwa Bacterien.

Nun ist es durchaus unwahrscheinlich, dass so zarte und vergängliche Gebilde, wie die Stäbchenzellen, zum Zweck ihrer etwaigen Weiterentwickelung nothwendig erst das Substrat wechseln müssen. Wenn sie auf dem Mist und Mistdecoct nicht keimen, so wird man sie für keimungsunfähig ansprechen dürfen.

Nach allem Angeführten sind somit unsere Stäbchenzellen keine Conidien, sondern — „Spermatien“[1]). Spermatien mit dem

1) Vergl. Tulasne, Selecta fung. Carp. I. 181. Stahl, Botan. Zeitung 1874. Nr. 12.

Ob die Stäbchenträger von Coprinus etwa als Hyphomycetengenus früher bekannt und benannt gewesen, habe ich nicht sicher ermitteln können. Da dieselben aber sehr klein und zart und einer zufälligen Beobachtung ausserhalb bestimmt gerichteter Culturen kaum zugänglich sind, zweifle ich sehr daran.

Mit Coemans' angeblichen „Conidien“ von Coprinus (Bull. de l'Ac. d. sc. d. Belgique. II. Sér. tome XV. 639 ff. 1863) haben sie bestimmt keine Beziehung.

ganzen aussichtsreichen Fragezeichen, welches einem Theil dieser Gebilde ohne Zweifel zukömmt. Es muss nunmehr entschieden werden, ob die Stäbchenzellen von Coprinus, wie die Flechten- und Uredineenspermatien, als muthmasslich männliche Zellen bei der Entstehung des Fruchtkörpers unmittelbar betheiligt sind.

Um die jüngsten Fruchtanfänge, bezw. die Carpogonien von Coprinus kennen zu lernen, musste ich von makroskopisch bestimmbaren Jugendzuständen Schritt für Schritt auf jüngere zurückgehen. Mein Ausgangspunkt waren Fruchtanfänge von etwa 1½—2½ Millim. Höhe, von der Form eines Spielkegels, mit deutlicher Einschnürung an der Scheidungsstelle von Hut und Stiel[1]). Solche erscheinen in den Mistculturen vom 5.—17. Tage, durchschnittlich vom 10. Tage ab in grosser Menge. Eine einzige Spore lieferte auf einem Mistpröbchen von 1 Quadratcentimeter 29 solche Fruchtanlagen[2]).

Dieselben entstehen nie im Substrat, sondern stets oberflächlich: auf Strohsplittern, Spelzen, oder auf der Glasplatte nahe am Misthäufchen. Sie sitzen niemals auf Myceliumsträngen, sondern stets auf einfachen Hyphen, getragen von einem rundlichen lockeren Teppich secundären Myceliums.

Zustände dieses Alters lassen sich nun mit voller Sicherheit zurückführen auf makroskopisch gerade noch sichtbare weisse Körnchen von etwa 0,1 Millim. Durchmesser. Diese stellen auf zarten Längsdurchschnitten sowohl, als auch beim Zerdrücken und Maceriren ein homogenes Geflecht dar aus gleichartigen, im Centrum nahezu senkrecht, in der Peripherie convergirend aufwärts wachsenden Fäden, deren basale Zellen kurz und dünn, deren apikale Zellen dagegen verlängert und dicker erscheinen. Zahlreiche hin- und hergebogene Seitenzweige verwischen einigermassen die Regel-

---

1) Vergl. etwa de Bary, Handbuch p. 68 fig. 25a. Hoffmann Icones analyticae, II. Taf. IX, fig. 2.

2) Von gleichmässig ausgekochten Mistproben wurden 6 mit je einem Coprinussporenkeimling bepflanzt, die 6 übrigen nicht besäet.
Die letzteren trugen keinen Coprinus, die ersteren

1—4 }
2—11 } Fruchtkörper.
3—12 }
4—29 }
5 Nichts
6 "

mässigkeit des Filzgewebes. Eine Karsten'sche „centrale Eizelle" oder irgend ein besonderes Entwickelungsprodukt einer solchen lässt sich in keiner Weise unterscheiden. Auch ist es mir bis jetzt nicht gelungen, in solchen Entwickelungszuständen für die frühzeitige Scheidung basidiogener und steriler Fäden Anhaltspunkte zu gewinnen[1]).

Die eben beschriebenen Zustände des Fruchtkörpers gehen hervor aus mikroskopischen, ähnlich gebauten Fadenknäueln, im Ansehen sehr jungen Cystocarpien von Nemalion und Batrachospermum vergleichbar. Die Hyphenzellen sind noch alle gleich: kurz, verhältnissmässig dick, plasmastrotzend. Von besonderen Resten oder Entwickelungsprodukten eines Carpogoniums keine Spur.

Alle bisher angeführten Thatsachen lassen sich ebensogut wie in der Decoctcultur auch auf Mistculturen constatiren, besonders übersichtlich an demjenigen Mycelium, welches im Umkreis der Mistprobe auf die reine Glasplatte herunterkriecht. Die jüngsten alsbald zu beschreibenden Zustände dagegen habe ich nur in Decoctculturen gesucht. Sobald auf dem Niveau einer solchen die erste bestimmbare Fruchtanlage als weisses Pünktchen erschien, wurde die Cultur folgendem Untersuchungsverfahren geopfert[2]): ohne Verschiebung des Myceliumteppichs wird das Mistdecoct durch Wasser allmählig ersetzt; dann das gesammte Präparat mit Fuchsin roth gefärbt, und mit einem Deckglas bedeckt. So fallen die intensiv gefärbten jugendlichsten Hyphenknäuel am meisten ins Auge. Zur Aufklärung der Einzelnheiten muss dann selbstverständlich Kali oder Ammoniak, mit der Anilinfärbung wechselnd, wiederholt angewandt werden.

An solchen Präparaten gelang es, die zuletzt beschriebenen Jugendzustände der Coprinusfrucht weiter zurückzuführen auf unregelmässig geformte Knäuelchen aus ganz wenigen, gedärmartig verschlungenen Hyphen. Diese sind ausgezeichnet durch eine gewisse Ueppigkeit der Verzweigung und schwellende, ovale oder tonnenförmige, plasmavolle Zellen. Als Abkömmlinge des Coprinus-

1) Diesen Satz, wie Alles auf die Entwickelung des Fruchtkörpers nach der Befruchtung Bezügliche, muss ich mit allem Vorbehalt aussprechen, insofern ich erst jetzt die Entwickelungsgeschichte des Fruchtkörpers selbst eingehend werde vornehmen können.

2) Ich brauche kaum zu versichern, dass ich einzelne Decoctculturen bis zu hutabgrenzenden Fruchtkörpern durchgeführt habe. Ich erhielt so von einer Spore bis 12 makroskopisch bestimmbare Fruchtanlagen. Die meisten gehen natürlich an Nahrungsmangel zu Grunde.

myceliums sind diese von einem einzigen Faden getragenen Knäuel, wie ihre alsbald zu schildernden Erstlingszustände, sicher gekennzeichnet durch die Schnallen ihres Tragfadens.

Jede Bemühung, in dergleichen jüngsten Fruchtanlagen characteristische Hyphengruppen zu erkennen, welche etwa als Carpogonium und Pollinodium hätten gedeutet werden können, war wieder vergeblich.

Als einfachste Fruchtanfänge erscheinen wenigzellige Spitzen eines kurzen Seitenzweiges vom Mycelium. Durch Dicke und Tonnenform der Zellen, durch ihren reichen Plasmagehalt sind sie auffällig gekennzeichnet. Sie können übrigens füglich im Ansehen den Carpogonien von Ascobolus verglichen werden. Mit Rücksicht auf die folgenden Nachweisungen will ich sie auch sofort als Carpogonien bezeichnen.

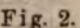


Fig. 2.



Fig. 2. Carpogonium von Coprinus stercorarius. 7 Tage nach der Sporenaussaat im Mistdecoct. (Hartnack Objectiv X. Ocular 3).

Es war nun, beim völligen Mangel sonstiger Anzeichen für eine Befruchtung des Carpogoniums auf eine etwaige Copulation desselben mit den früher beschriebenen Spermatien zunächst zu achten. Dass zur Zeit des Auftretens der Carpogonien (vom 6. Tage ab etwa) vor Kurzem gereifte Spermatien zu Tausenden vorhanden sind, und zuweilen in Häufchen um die Fruchtanlagen herumliegen, braucht kaum besonders hervorgehoben zu werden.

In der That kamen Zustände zur Beobachtung, wo die Spitze des bereits einen Zweig tragenden Carpogoniums mit einer stäbchen-

förmigen Zelle verschmolzen war (Fig. 3) und weiter entwickelte Stadien (wie Fig. 4), welche eigentlich für sich selbst sprechen.

Indem ich die speciellere Beweisführung an Fig. 4 anknüpfe, hebe ich zuerst die zweifellose Abstammung des Knäuels vom Coprinusmycelium, sodann den Umstand hervor, dass das Stäbchen



Fig. 3. Befruchtetes Carpogonium,
Fig. 4. Befruchtetes und weiterentwickeltes Carpogonium von Coprinus stercorarius.
Fig. 3 am 6., Fig. 4 am 7. Tage nach der Sporenaussaat in Mistdecoct. (Hartnack Obj. X. Oc. 3).

an der Spitze der Fruchtanlage **nicht ein Zweig der Fruchtanlage selbst sein kann.** Die Fruchtanlage ist mit Protoplasma dicht gefüllt; das Stäbchen inhaltsleer, wie ausgesogen, nimmt mit Anilin kaum eine blassrosenrothe Färbung an; es ist demnach bestimmt kein junger Zweig der Fruchtanlage, sondern eine der Fruchtanlage sich **ansetzende** fremde Zelle. Dass es ein Spermatium von Coprinus ist, wird sich aus ihm selbst niemals beweisen, und überhaupt höchstens wahrscheinlich machen lassen.

Vergleicht man aber die Gesammtheit der angeführten Thatsachen mit den Verhältnissen, welche an **verwandten** Thallophyten bewiesen oder wahrscheinlich gemacht sind, so drängt sich eine einzige Deutung mit hoher Wahrscheinlichkeit auf: **Die Spermatien von Coprinus sind männliche Zellen, ihr Träger das Antheridium, ihre Funktion die Befruchtung des Carpogoniums. In Folge der Befruchtung wächst das Carpogonium zum Fruchtkörper aus.**

Die Beweismittel für meine Deutung verlieren nicht an Werth, wenn ich gestehe, dass ich ähnliche Zustände wie Fig. 3 und 4 erst sechsmal habe beobachten können. Diese Beobachtungen fielen in zwei kurze constant heisse Perioden des letzten Sommers, in

denen ich sicher war, am 3. und 4. Tage die reifen Antheridien, am 5. und 6. die Befruchtung, vom 7. ab junge Fruchtanlagen zu finden, während bei wechselnder oder kühler Temperatur die ganze Entwickelung sich unsicher in die Länge zieht. Durch die Einführung der Culturen in Thermostaten mit einer Temperatur von 25° würde die Wiederholung entsprechender Beobachtungen sicherlich erleichtert. Uebrigens darf nicht vergessen werden, dass man an einer Fruchtanlage, deren Carpogonium von Hyphen bereits umwachsen ist, von dem copulirten Spermatium nichts mehr sehen kann, und dass diese Gebilde, wenn sie erst ihren Inhalt ergossen haben, äusserst zart sind.

Die geringe Zahl massgebender Beobachtungen, und vor Allem die Unmöglichkeit, eine im Myceliumnetz aufgehangene allerjüngste Fruchtanlage zu drehen, sind die Ursache, dass ich über wesentliche Einzelnheiten des Befruchtungsvorganges und seiner Folgen schlecht unterrichtet bin.

Die stets constatirte Mehrzelligkeit des unbefruchteten Carpogoniums legt die Frage nahe, ob etwa die Spitze desselben lediglich als Conceptionsorgan fungire, die Fruchtanlage dagegen nur aus den andern (2) Zellen sich entwickele? Die vorliegenden Beobachtungen sprechen sämmtlich für eine solche Verschiedenheit.

Sie sprechen ferner für die Annahme, dass der ganze Fruchtkörper ausschliesslich aus dem Carpogonium herauswachse, ohne Betheiligung mycelentsprossener Hyphen[1]).

Uebrigens erfordert diese Frage, und die höchst wichtige nach der Differenzirung des Fruchtkörpers selbst, durchaus weitere Untersuchungen.

IV.

Wenn die oben festgehaltene Deutung meiner Beobachtungen an Coprinus berechtigt ist, so sind Sexualorgane und Befruchtungsvorgang von Coprinus den entsprechenden Verhältnissen bei Flechten und Florideen zunächst verwandt.

Was zunächst die männlichen Sexualorgane betrifft, so braucht die Aehnlichkeit in Entstehung und Bau der Spermatien bei Flechten und Coprinus kaum erst hervorgehoben zu werden. Aber auch zwischen den Antheridien mancher Florideen und denen von Co-

1) Vergl. auch Brefeld, Schimmelpilze II. 87—88. Anm.

prinus besteht hinsichtlich des morphologischen Aufbaues grosse Uebereinstimmung.

Sodann zeigt sich bezüglich der Carpogonien sowie des Befruchtungsvorganges und seiner Folgen zwischen Flechten, Florideen und Coprinus im Wesentlichen kein anderer Unterschied, als die Existenz eines Trichogyns bei Flechten und Florideen, und der Mangel eines solchen bei Coprinus. In dem Trichogyn aber sehe ich nur eine Anpassung der gleichen Grundform des Carpogoniums; eine Anpassung, welche man bei den Florideen auf die Diöcie und das Wasserleben zurückzuführen versucht wäre, wenn das Trichogyn nicht auch den Flechten und wahrscheinlich den Uredineen zukäme.

Beachtenswerth erschiene dann die Gleichartigkeit der Sexualorgane neben der Verschiedenheit der morphologischen Gliederung und anatomischen Structur bei Flechten, Florideen und Basidiomyceten.

Inwiefern kann nun aber der für Coprinus wahrscheinlich gemachte Befruchtungsvorgang als Typus für die Basidiomyceten überhaupt angenommen werden?

Ein Vergleich mit den in dieser Beziehung bekannten Ascomyceten (und Florideen) lehrt zunächst, dass der Bau der Sexualorgane und der Vorgang der Befruchtung sehr verschieden sein können bei gleichem Bau des Fruchtkörpers und gleicher Stellung der Sexualorgane im gesammten Entwickelungsgang. — Es ist somit von vornherein nicht unwahrscheinlich, dass auch bei den Basidiomyceten entsprechende Verschiedenheiten bestehen. Insbesondere wäre es durchaus nicht überraschend, wenn Basidiomyceten mit unterirdischem Mycelium und unterirdischer Befruchtung statt der Antheridien von Coprinus Pollinodien besässen. Unter dieser Voraussetzung liegt sogar zwischen meinen Angaben und denen Oersted's und — soweit ich sie verstehe — Karsten's keine unüberbrückbare Kluft.

Endlich muss hervorgehoben werden, dass gegen eine vorsichtige Uebertragung meiner für Coprinus vorgetragenen Auffassung auf die Basidiomyceten überhaupt aus der bekannten Entwickelungsgeschichte dieser Pilze eine Einwendung nicht abzuleiten ist.

Selbstverständlich steht auch unsere seltene Bekanntschaft mit Spermatien der Basidiomyceten jener Verallgemeinerung nicht im Wege. Man kennt ja überhaupt viel zu wenig jugendliche Basi-

diomycetenmycelien. Die spärlichen Angaben über „Spermatien“ und „Conidien“ von Basidiomyceten, ungesichtet und im Einzelnen unvollständig, wie sie sind, verdienen zur Zeit keine Berücksichtigung[1]).

Nachschrift vom 20. Juni 1875:

In obigem Aufsatze ist der ursprüngliche Text meiner Mittheilung vom 14. December 1874 an die physikalisch-medicinische Gesellschaft in Erlangen (der Redact. d. Jahrb. eingesandt im Innern 1875) durchaus unverändert gebliieben. Seither hat (Comptes rendus vom 8. Februar 1875) van Tieghem auf Grund ausführlicher gleichzeitiger Untersuchungen meine Angaben im Wesentlichen bestätigt. Seine von diöcisch gefundenen Coprinusarten ausgehende experimentelle Beweisführung ist zwingender, als meine rein morphologische. Auch weist van Tiegheim nach, dass mir die jüngsten Zustände des Carpogoniums entgangen waren.

Heute kann ich, auf Grund weiterer Untersuchungen, van Tieghem's Berichtigungen bestätigen. —

1) Vergleiche darüber u. A.
Hoffmann, Botan. Zeitung 1856. p. 153.
Tulasne, Select. fung. Carp. I. 168.
de Bary, Handb. p. 189 ff.
Hartig, Wichtige Krankheiten der Waldbäume 1874, p. 26 f.
Just, Botan. Jahresbericht für 1873, p. 92 u. 94.

Keimung der Sporen von Cyathus striatus Willd., einer Gastromycetenspecies.

Von

Dr. R. Hesse.

Die mangelhafte Kenntniss der Entwickelungsgeschichte einer der stattlichsten Gruppe unter den Pilzen „der Gastromycetengruppe" ist der Grund, warum man bis auf den heutigen Tag ein einigermassen übersichtliches und vollständiges System dieser Pilzabtheilung nicht aufstellen konnte. Man hat wol bei mancher Species dieser Gruppe die Entwickelungsgeschichte ihres Fruchtkörpers in den Hauptzügen ermittelt, aber noch bei keiner einzigen Species ist es gelungen, ihren vollständigen Entwickelungsgang in allen seinen Phasen zu beobachten und namentlich blieb bisher die Entstehungsgeschichte des Myceliums gänzlich unbekannt. Obgleich nämlich eine grosse Zahl von Botanikern und darunter Capacitäten Keimungsversuche mit den im Fruchtkörper der Gastromyceten durch Abschnürung auf Basidien gebildeten Sporen, die möglicher Weise in ihrer Keimung den ersten Ausgangspunkt zu der Entwickelung des Myceliums aller Gastromyceten bilden, auf die verschiedenste Art und Weise (s. später) und zu allen Jahreszeiten angestellt haben, blieben dieselben doch, soweit mir bekannt, stets ohne den gewünschten Erfolg. Zwar würden gegen diese Behauptung die Resultate der H. Hoffmann'schen Keimungsversuche angestellt mit den Sporen der Gastromycetenspecies Cyathus striatus Willd., wie solche in der botan. Zeitung „Hugo von Mohl und Schlechtendal (1859) p. 217" veröffentlicht sind, sprechen, wenn dieselben auf Wahrheit beruhten, aber es sind in der That diese Keimungsversuche in ihrem Resultat der Wirklichkeit fern geblieben. Erst im Sommer des Jahres 1872 ist die Keimung der im Fruchtkörper der Gastromyceten durch Abschnürung auf Basidien gebildeten Fortpflanzungsorgane zum ersten Mal beobachtet worden

und zwar an den Sporen der nämlichen Species, an welchen sie H. Hoffmann nunmehr vor 16 Jahren gesehen zu haben meint, an den Sporen von Cyathus striatus Willd. — Diese Keimungsbeobachtung liefert einen kleinen Beitrag zur Kenntniss der Entwickelungsgeschichte der Gastromyceten und ihre Veröffentlichung mag deshalb nicht länger beanstandet werden.

Die Fruchtkörper von Cyathus striatus Willd., einer unter die Nidularieen zu stellenden Gastromycetenspecies, finden sich im Sommer meist jedoch erst in den Herbstmonaten vielfach in Geselligkeit mit Cyathus olla wachsend, als becherförmige an der Aussenseite der Peridie gestreifte Behälter vor, angefüllt mit durchschnittlich 12—18 samenähnlichen, etwa die Gestalt und Grösse einer kleinen Linse besitzenden Körperchen, die man als Peridiolen oder Sporangien bezeichnet. Diese Sporangien sind mit einem Funiculus versehen, durch welchen ein jedes derselben an die Innenwand des Bechers befestigt ist. Der Querschnitt eines solchen Sporangiums zeigt unter dem Mikroscop eine zweischichtige, einen Haufen von Sporen umschliessende Wand, auf deren feinere Structur für den vorliegenden Zweck nicht näher eingegangen zu werden braucht, die von derselben eingeschlossenen Sporen aber müssen bezüglich ihrer Gestalt, ihres Baues etc. beschrieben werden, da sie die Organe sind, an welchen die Keimung beobachtet worden ist. Eine Spore eines reifen Fruchtkörpers hat eine eiförmige Gestalt, ist farblos und zeigt eine in ein sehr deutliches Exo- und Endospor gesonderte Membran, welche einen feinkörnigen protoplasmatischen Inhalt umschliesst (Fig. 1). Das Exospor ist glatt, mit keiner leisten-stachelförmigen oder sonstigen Verdickung versehen, das Endospor ist ein sehr zartes Häutchen, welches wie jede Protoplasma einschliessende Membran von demselben lückenlos austapeziert wird. Einen Zellkern im Innern des Protoplasma kann man selbst bei starker Vergrösserung nicht ausfindig machen. Diese Sporen werden bekanntlich im jugendlichen Fruchtkörper innerhalb der Sporangiumwand auf einer Hymenialschicht durch Abschnürung auf Basidien gebildet und zwar entstehen auf einem Basidium 4, in Ausnahmefällen wol auch weniger als 4 Sporen. Nach ihrer Bildung verschwinden die Hymeniumelemente und die Sporen liegen zu einem dichtgedrängten Haufen vereinigt in dem centralen Theile der Sporangien.

Sofern man nun aus einem Sporangium eines im Sommer oder Herbst gereiften Fruchtkörpers von Cyathus striatus Willd. mit

Hülfe einer Nadel oder eines sonstigen, spitzen Instrumentes Sporenmaterial entnimmt und solches um dieselbe Jahreszeit in den Wassertropfen eines Objectträgers zum Zwecke der Keimung befördert, so tritt trotz aller Sorgfalt bei der Aussaat und Conservirung der Sporen keine Keimung ein, die Sporen liegen einige Tage lang in dem Wassertropfen des mit einer Glasglocke überdeckten Objectträgers, ohne nur die leiseste Spur einer Veränderung wahrnehmen zu lassen, schliesslich stellen sich Bacterien und andere Organismen ein und die Kultur ist vernichtet. Auch wenn man statt Wasser eine Nährstofflösung wählt oder ersteres mit ausgekochtem Kaninchenmist als Substrat zur Sporenkeimung vertauscht, niemals sieht man unter solchen Bedingungen Keimung eintreten. Dieses gilt aber nicht blos für die Sporen der in Rede stehenden Gastromycetenspecies, sondern auch für die Sporen vielleicht aller Gastromyceten, wenigstens habe ich Sporen aus den im Sommer oder Herbst reifgewordenen Fruchtkörpern von Species aus den Gattungen „Geaster, Bovista, Lycoperdon, Tulostoma, Scleroderma etc." unter solchen Verhältnissen niemals zur Keimung bringen können. Auch die Sporen solcher Fruchtkörper dieser Gruppe, welche man im Sommer oder Herbst sammelt und sie dann den Winter hindurch bis zum nächsten Frühjahr oder Sommer trocken conservirt, zeigen in die genannten Keimungsbedingungen gebracht niemals Keimungserscheinungen. Diese negativen Keimungsresultate führten zu allen möglichen anderen Vermuthungen, man dachte sich, dass die Sporen der Gastromyceten, sollten sie sich keimungsfähig erweisen, erst einen thierischen Organismus passiren müssten und man hat wol auch nach dieser Richtung hin Versuche gemacht. Kurz trotz aller unter den verschiedensten Verhältnissen und Jahreszeiten angestellten zahlreichen Versuche wollte es nicht glücken, nur die Sporen einer einzigen Gastromycetenspecies zur Keimung zu bringen, bis endlich im Sommer 1872 die Sporenkeimung an Cyathus striatus Willd. beobachtet wurde unter Bedingungen, die ich vollständig erst dann anzugeben gedenke, wenn ich mich überzeugt habe, dass der Weg, den ich bezüglich der Keimungsversuche mit Cyathussporen eingeschlagen habe, auch zur Keimung der Sporen anderer Gastromycetenspecies führt. Nur soviel sei gesagt, dass die Sporen von Cyathus striatus Willd. nach 18—24 Stunden in reinem Wasser keimen, wenn die übrigen zur Keimung der Sporen erforderlichen Bedingungen erfüllt sind.

Der Keimungsvorgang, den ich in Gegenwart meines hoch-

verehrten botanischen Lehrers, des Herrn Prof. A. de Bary zu Strassburg beobachtete, ist folgender:

Die bereits bezüglich ihrer Form und Structur beschriebenen Sporen von Cyathus striatus Willd. schwellen bei der Keimung durch Aufnahme von Wasser etwas an. Alsdann durchbricht das zarte Endospor das Exospor und tritt in Form einer zunächst kurzen, aber straffen, stumpfendigenden Ausstülpung in das ausserhalb der Spore befindliche Wasser (Fig. 2, m, m). In die getriebene Ausstülpung wandert der protoplasmatische Inhalt der Spore hinein und schon innerhalb weniger Stunden erreicht die Ausstülpung das Ende ihres Wachsthums, sie stellt dann wie Fig. 3, k, k zeigt, einen kurzen, meist etwas gekrümmten Keimschlauch dar, der eine zarte Membran besitzt und mit einem körnchenreichen protoplasmatischen Inhalt versehen ist. Die Stelle der Sporenmembran, wo das Hervortreten der Ausstülpung erfolgt, ist keine bestimmte, meist tritt die Ausstülpung jedoch an einem der beiden stumpfen Enden der eiförmigen Spore hervor. Ab und zu kommt es vor, dass die Membran der Spore an zwei diametral gegenübergelegenen Stellen je eine Ausstülpung (Fig. 2, m, m) in der geschilderten Weise bildet und nicht selten beobachtet man, dass nach Aufnahme des Wassers eine Spore mit dem Beginn der Keimung durch eine Querwand in zwei Zellen sich theilt, von denen jede einzelne eine Ausstülpung resp. einen Keimschlauch treibt. Sobald das Wachsthum des mitunter ein ganz kurzes Seitenzweiglein bildenden Keimschlauchs der Spore vollendet ist, sieht man plötzlich ein Zerfallen des Keimschlauchendes in einzelne Abschnitte auftreten, es theilt sich das Keimschlauchende durch Querwände in 6—8 Gliederzellen (Fig. 4), die sich später als selbständige Zellen von einander lostrennen. Dieselben haben eine äusserst zarte, selbst bei starker Vergrösserung keine bemerkenswerthe Structur zeigende Membran, welche einen sehr feinkörnigen protoplasmatischen Inhalt umschliesst (Fig. 5). Es sind kleine stabförmige Körperchen, die bezüglich ihres weiteren Verhaltens noch nicht näher studirt sind.

Erklärung der Figuren.

Taf. XIII.

Sämmtliche Figuren etwa 300fach vergrössert.

Fig. 1. 5 Sporen eines reifen Sporangiums aus dem Fruchtkörper von Cyathus striatus Willd. a a a das Exospor, b b b das zarte Endospor.

Fig. 2. 5 in Wasser etwas aufgequollene Sporen in verschiedenen Stadien der Keimung. m m m Ausstülpungen der Sporenmembranen.

Fig. 3. 3 keimende Sporen, der Keimschlauch k hat sein Längenwachsthum vollendet.

Fig. 4. Die Keimschläuche k k k dreier Sporen sind durch Querwände an ihren Endigungen in 7—8 Gliederzellen (g. g. g.) zerfallen.

Fig. 5. Zahlreiche, isolirte, stabförmige Zellen.

Ueber die Entwickelung einiger Blüthen, mit besonderer Berücksichtigung der Theorie der Interponirung.

Von Dr. **A. B. Frank.**

Hierzu Taf. XIV. XV. XVI.

Die nachfolgenden Mittheilungen sollen über das Resultat einiger Untersuchungen berichten, welche nicht den Zweck hatten bisher noch niemals entwickelungsgeschichtlich untersuchte Blüthen zu studiren, sondern vornehmlich in der Absicht unternommen wurden, die thatsächlichen Verhältnisse zu prüfen, welche den auch für die allgemeine Morphologie wichtigen Theorien über Einschaltung neuer Blätter unterhalb bereits angelegter zu Grunde liegen. Denn so wenig als sich a priori an der Möglichkeit solcher Verhältnisse zweifeln lässt, so sehr fühlen wir uns andererseits eingenommen von der weitverbreiteten Gültigkeit des Gesetzes, wonach die übereinander stehenden Blätter einer Achse in acropetaler Richtung succedan erscheinen; und es muss immer das Princip der Forschung bleiben, dahin zu streben, weitverbreitete Naturgesetze auch wirklich als allgemein gültige erklären zu können, oder doch nur aus den zwingendsten Gründen, wenn sowohl Beobachtung als Deutung keine andere Annahme zulassen, ihnen die allgemeine Gültigkeit abzusprechen. Zudem stehen gerade in den Blüthen der Phanerogamen, an denen jene Theorie vornehmlich gewonnen worden ist, die allgemeinen morphologischen Gesetze, namentlich was die Beschleunigung der Entwickelung einzelner Glieder anlangt, so sehr unter dem Einflusse mächtig wirkender und tief eingreifender Adaptationen, dass sie oft nur noch schwach zu äusserem Ausdrucke gelangen. Und wer mit Blüthenentwickelungen sich beschäftigt hat, weiss hinlänglich, dass die geringsten Differenzen

in den der Beobachtung sich darbietenden Erscheinungen zu verschiedenartigen Deutungen veranlassen können, welche in ihren Consequenzen zu frappirenden starren Theorien führen müssen, die sowohl die Gültigkeit allgemeiner morphologischer Gesetze zu alteriren geeignet sein, als auch über die phylogenetischen Verwandtschaften der Pflanzenfamilien zu gewagten Hypothesen und wenn man ihnen blind vertrauen wollte, zu den ärgsten Verirrungen verleiten könnten. Diese Erwägungen mögen es rechtfertigen, dass einige der hauptsächlich hier einschlagenden Fälle zur nochmaligen Untersuchung vorgenommen worden sind, zumal da wir ohnedies bei verschiedenen Forschern widersprechenden Angaben und Darstellungen bei den einzelnen Fällen begegnen.

I. Die Papilionaceen.

Während Schleiden und Vogel[1]) nach Untersuchungen an Lupinus die Papilionaceenblüthe bei ihrer Entstehung als eine regelmässige, d. h. als eine solche erklärten und abbildeten, bei welcher alle Glieder jedes Blattkreises simultan auftreten, wurden erst durch Payer[2]) die Entwickelungsverhältnisse einigermassen naturgetreu geschildert. Nach ihm entstehen bei Trifolium ochroleucum und Lathyrus sylvestris die einzelnen Glieder des Kelches und der Korolle ungleichzeitig, nämlich in aufsteigender Folge, von der vorderen, dem Tragblatte zugekehrten Seite der Blüthenachse anhebend rechts und links nach hinten gegen den Muttersspross zu fortschreitend. Die einzelnen Kreise der Blüthe aber lässt Payer noch in acropetaler Richtung succedan erscheinen: nach den Sepalis die Petala, darauf die Staubgefässe in zwei nach einander auftretenden Quirlen und zuletzt das Carpell.

Hofmeister[3]) hat nun aber dieser Eigenthümlichkeit die weitere hinzugefügt, dass die Bildung des einzigen Carpells derjenigen eines Theiles der Kelch- und Kronenblätter, sowie sämmtlicher Staubblätter vorauseilt, und damit einen anscheinend sehr ausgezeichneten Fall für das Verhältniss aufgefunden, dass tiefer stehende Blattwirtel später als höher stehende angelegt werden. Nach ihm

---

1) Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Blüthentheile bei den Leguminosen. Act. Acad. L. C. XIX. 7. Januar 1838.

2) Organogénie comparée de la fleure. Paris 1857, p. 517 ff. Taf. 104.

3) Allgemeine Morphologie der Gewächse. Leipzig 1868. p. 464 u. 466.

ist das an der Blüthenachse von Astragalus asper Jacq. zuerst auftretende Kelchblatt das median nach vorn über dem Stützblatt stehende. Demnächst bilde sich gleichzeitig rechts und links von diesem ein Kelchblatt. Die beiden vorderen Petala werden bemerklich, noch ehe die beiden hinteren Kelchblätter sich über die Fläche der Blüthenachse erhoben haben; aber noch ehe diese beiden ersten Petala erscheinen, gleich nach Anlegung der vorderen drei Sepala, erhebe sich neben dem Scheitel der Blüthenachse auch schon das Carpell und erreiche eine alle anderen Blattgebilde der Blüthe weit überragende Länge, lange bevor sämmtliche Stamina angelegt sind. Das median vorn stehende Staubgefäss des äusseren Kreises sei das zuerst entstehende; das median nach hinten fallende des inneren Kreises das letzte.

Rohrbach[1]) fand diese Angaben, wonach das Carpell dem Androeceum in der Anlage vorauseilt, bei Lupinus bestätigt. Bei anderen Papilionaceen dagegen, insbesondere bei Arten von Astragalus soll nach ihm das Carpell erst nach Anlage sämmtlicher 5 oder doch des vordern Paares der innern Staubgefässe erscheinen. Der genannte Forscher hat dann auch die den Papilionaceen nächstverwandten beiden Familien der Caesalpinieen (Cassia marylandica) und der Mimoseen (Acacia oxycedrus) untersucht; die durch klare Abbildungen erläuterten Befunde zeigen unzweifelhaft, dass bei der erstgenannten Familie zuerst das vordere Kelchblatt sichtbar wird, darauf die übrigen in $\frac{2}{5}$ Divergenz, zunächst das eine der beiden hinteren u. s. f. Darauf kommen die Petala zum Vorschein, und zwar in nach hinten aufsteigender Folge wie bei den Papilionaceen. Die gleiche Succession der Glieder zeigen die hierauf erscheinenden beiden Staubblattkreise; das Carpell wird ungefähr gleichzeitig mit dem innern Staubgefässkreise sichtbar. In der regelmässigen Mimoseenblüthe wird der vierblättrige Kelch deutlich in nach hinten aufsteigender Folge angelegt, die 4 mit den Sepalis abwechselnden Petala gleichzeitig oder nur wenig ungleichzeitig im Sinne einer nach hinten aufsteigenden Succession. Von den zahlreichen Staubgefässen werden zuerst die vier vor den Kelchblättern stehenden sichtbar, dann erscheinen die rechts und links zwischen diesen stehenden, und zwar von jedem der vier primären gleichzeitig anhebend, und darauf folgen die übrigen Staminalkreise in acropetaler Folge. Ueber das erste Auftreten des Carpells

1) Beiträge zur Morphologie der Leguminosen, Botan. Zeitg. 1870. No. 51.

konnte an den untersuchten männlichen Blüthen in dieser Familie nichts ermittelt werden.

Angaben, welche hinsichtlich des Vorauseilens der Anlage des Carpells noch weiter gehen als Hofmeisters Darstellung, hat Urban[1]) kürzlich in Bezug auf Medicago gemacht. Nach ihm ist die Entwickelungsfolge der einzelnen Blüthentheile bei dieser Gattung folgende. Zuerst entsteht das vordere, dann die beiden seitlichen und endlich die beiden hinteren Sepala. Unmittelbar hierauf erhebt sich schon der halbmondförmige Höcker des Carpells und nimmt schnell an Grösse zu. Dann erscheint zunächst der äussere Kreis der Staubblätter, welchem rasch der zweite folgt. Aus der relativen Grösse der sichtbar gewordenen Höcker schloss Urban, dass der äussere Staminalkreis in derselben Reihenfolge wie die Kelchblätter, der innere aber umgekehrt angelegt werde. Zuletzt, erst nach Anlage der inneren Staubblätter, sollen die Petala auftreten.

Nach meinen Untersuchungen an Medicago sativa, Trifolium pratense, Vicia Cracca und Lupinus elegans ist die Blüthenentwickelung in den wesentlichen Punkten bei allen vier Species übereinstimmend; es passt aber keine der bisher gemachten Angaben genau auf dieselbe, wenngleich diejenigen Hofmeister's und Rohrbach's denselben am nächsten kommen, und die zutreffenden Verhältnisse gewissermassen die Mitte zwischen beiden halten. Jedenfalls ist aber aller Grund vorhanden anzunehmen, dass diesen und auch den übrigen Beobachtern dieselben Erscheinungen vorgelegen haben, welche ich beobachtete, und dass nur der verschiedene Zeitpunkt, in welchem sie eine Blattanlage als an der Achse hervorgetreten ansahen, und vielleicht wirkliche kleine Zeitverschiedenheiten im Auftreten der Glieder bei differenten Gattungen ihre abweichenden Angaben erklären. Vor allem haben mich meine Beobachtungen gelehrt, dass bei den Papilionaceenblüthen im Grunde kein Vorauseilen höherer Blattkreise vor tieferen anzunehmen ist, sobald man die von vorn nach hinten fortschreitende Entwickelungsfolge der Glieder aller Kreise im Auge behält. Und es ergiebt sich daraus für die Blüthenentwickelung der Papilionaceen ein sehr einfaches Gesetz, welches jedoch von keinem der bisherigen Beobachter formulirt worden ist, und welches allem Anscheine nach auf die ganze Familie sich wird ausdehnen lassen.

1) Sitzungsber. d. Gesellsch. naturforsch. Freunde zu Berlin 19. November 1873, conf. Bot. Zeitg. 1873, p. 265.

Für die Ermittelung der Entwickelungsverhältnisse ist von den genannten Gattungen Medicago relativ am meisten geeignet, weil hier die Blüthenanlagen einen hinreichend stark entwickelten Achsenkegel besitzen, um an demselben das Hervortreten der ersten Höcker ziemlich klar erkennen zu können. Ich beginne daher mit dieser Gattung, von welcher mir Medicago sativa zur Untersuchung diente. An der in der Achsel der Brakteen stehenden, beinahe halbkugelig gewölbten Blüthenachse tritt zuerst das median vorn stehende Kelchblatt auf; diesem folgen sehr bald die beiden seitlichen. Noch bevor aber die beiden hinteren Sepalahöcker kenntlich geworden sind, oder wenigstens gleichzeitig mit der ersten sanften Erhebung derselben, ist an der Blüthenachse median nach vorn unmittelbar über dem ersten Kelchblatte ein neuer deutlicher Höcker aufgetreten. In diesem Stadium ist der Achsenscheitel der Blüthe noch gleichmässig halbkugelig, er lässt noch keine Spur eines Anfanges von Carpellbildung erkennen, wie dies Fig. 1 hinlänglich deutlich zeigt. Ich kann daher Urban's Angabe, wonach das Carpell noch vor der ersten Staminalbildung sichtbar werden soll, was auch Hofmeister für Astragalus behauptet, nicht beipflichten. Vielmehr stehen meine Beobachtungen weit besser mit denen Rohrbach's im Einklange, wenngleich ich die von ihm angegebene weitgehende Entwickelung des Andröceums vor dem Erscheinen des Carpells in diesem Grade nicht bestätigen kann. Auf das eben geschilderte folgt rasch ein zweites Stadium, welches durch Fig. 2 versinnlicht wird und uns den ersten Anfang der Carpellbildung demonstrirt. Gewöhnlich geben die Beobachter als frühestes sichtbares Stadium derselben das Auftreten einer halbmondförmigen Wulst neben dem Achsenscheitel an. Man kann jedoch noch einen Schritt weiter zurückgehen, indem die erste sichtbare Veränderung sich in der Gestalt des Umrisses des Achsenscheitels ausdrückt. Während wir in Fig. 1 den Achsenscheitel von vorn nach hinten noch gleichmässig halbkugelig gewölbt sehen, erscheint er uns in Fig. 2 ungleich: seine dem vorderen Kelchblatte s_1 zugekehrte Seite bildet eine steil ansteigende Böschung, während er nach der hinteren Seite zu in einer schwach geneigten Abdachung allmählich abfällt. Erst wenig später hebt sich dieser erhabenere Vorderrand des Scheitels deutlicher in Form einer seitlich und nach hinten abfallenden halbmondförmigen Wulst um das Centrum des Scheitels empor, wie es die nächstfolgenden Figuren zeigen. Also auch wenn wir den Beginn der Carpellanlage auf jenes für die Be-

obachtung früheste Stadium verlegen, tritt derselbe wie die Vergleichung der Figuren 1 und 2 lehrt, doch nicht früher ein als bis die Anlage des median vornstehenden Staubblattes des äusseren Kreises erfolgt ist, und das ist eine wichtige Thatsache, an der wir festhalten müssen, um das die Blüthenentwickelung der Papilionaceen beherrschende Gesetz zu ermitteln. Wenn nun die Entwickelung soeben bis an den höchsten Punkt der Blüthenachse, bis zum letzten Blattkreise, wenigstens an der median vorn liegenden Kante der Achse fortgeschritten ist, so hat sie sich inzwischen auch, wie dies aus Fig. 2 ebenfalls ersichtlich ist, im Umfange der Blüthenachse nach Massgabe des Alters der angelegten Blattkreise fortgesetzt nach dem Gesetze der von vorn nach hinten beiderseits fortschreitenden Succession der einzelnen Glieder. Wir sehen nämlich jetzt die Sepala alle deutlich vorhanden und mit ihren Basen bereits schwach zu einem stengelumfassenden Ringwulste vereinigt; aus ihrer relativen Grösse können wir noch auf ihre Aufeinanderfolge bei der Entstehung schliessen. Weiter bemerken wir nun, dass auch der den Sepalis opponirte Blattkreis (der äussere Staminalkreis), den wir in Fig. 1 nun erst in seinem median vornstehenden Gliede vor uns haben, ebenfalls weiter entwickelt ist, indem über den fünf Kelchblattanlagen deutliche Höckerbildungen zu erkennen sind, deren vorderste wiederum die grösste ist. Eine weitere Prüfung zeigt dann aber auch an den alternirenden Punkten, unmittelbar oberhalb des Kelchringes und etwas unterhalb der Höhe, auf welcher die Staminalhöcker inserirt sind, also an den den Petalis entsprechenden Stellen, schwache Höckerbildungen der Achsenoberfläche. Wegen ihrer etwas versteckten Stellung zwischen den benachbarten Emergenzen und wegen ihrer anfänglich geringen und auch eine Zeitlang gering bleibenden Grösse können dieselben leicht übersehen werden, besonders bei solchen Papilionaceen, wo der für sie vorhandene Raum noch etwas mehr als hier eingeengt ist. Die im Verhältniss zu den übrigen Blättern der Blüthe auffallend träge fortschreitende Entwickelung der Petalanlagen in ihren frühesten Stadien, in Folge deren sie obgleich schon geraume Zeit vorhanden doch von anderen und selbst höher stehenden Blatthöckern anfänglich an Grösse überholt werden, ist eine weitverbreitete Erscheinung, auf die wir auch bei den folgenden Betrachtungen noch wiederholt stossen werden. Die Punkte der Blüthenachse, die hier gemeint sind, sind in Fig. 2 $\mathfrak{p}$ bezeichnet. Dass diese schwachen Prominenzen der Blüthen-

achse in der That die ersten Anlagen der mit dem Kelchblatt und dem innern Stamenkreise alternirenden Blattbildungen darstellen, bestätigt noch weiter das nächstfolgende Stadium der Entwickelung, welches in Fig. 3 abgebildet ist, die eine junge Blüthe von der hinteren Seite gesehen darstellt. Die äusseren 5 Blattanlagen bilden den Kelch; auf der Mitte der Blüthenachse bemerken wir die schon weit fortgeschrittene Carpellanlage in Gestalt einer halbmondförmigen, hinten offenen, vorn in der Mediane höchsten Wulst. Den Sepalis opponirt sind die ebenfalls stark hervorgetretenen Höcker des äusseren Staubblattkreises zu sehen, der vordere wird durch das Carpell verdeckt. Auf jeder Seite erkennen wir aber zwischen dem seitlichen und dem einen hinteren Staminalhöcker eine deutliche Protuberanz der Achse, welche sich vom inneren Rande des Kelchringes bis an die Basis der Carpellanlage hinauf erstreckt. Es kann nicht zweifelhaft sein, dass wir in denselben die combinirten Anlagen der Petala und der ihnen opponirten inneren Stamina vor uns haben, welche wegen Raummangels bei ihrem ersten Auftreten als einfache Primordien erscheinen, die sich aber bald in zwei getrennte Höcker differenziren. An der uns zugekehrten hinteren Seite der Blüthenachse in Fig. 3 ist zwischen den beiden hinteren Kelchblättern und Staubblatthöckern um diese Zeit nur erst eine sehr schwache Emergenz v der Achsenoberfläche zu bemerken, welche den ersten Anfang des zuletzt von den Blumenblättern sich bildenden, an der median nach hinten gekehrten Seite stehenden Vexillums darstellen. Der Raum über demselben ist in diesem Stadium noch frei für die Anlage des Stamen vexillare. Hiernach kann ich Urban's Angaben nicht bestätigen, welcher den inneren Kreis der Stamina in umgekehrter Reihenfolge der Glieder von hinten nach vorn, und die Petala unter allen Blüthenblättern zuletzt entstehen lässt; es treffen hier vielmehr Hofmeister's Beobachtungen zu, nach welchen das median vornstehende Staubgefäss des äusseren Kreises das zuerst entstehende, das median nach hinten fallende des inneren Kreises das letzte ist; und auch der Beginn der Bildung der Korolle fällt nach Hofmeister vor die Vollendung des Andröceums.

Bei Trifolium pratense finde ich den Entwickelungsgang demjenigen von Medicago gleich. Fig. 4 zeigt einen frühen Entwickelungszustand der Blüthe, wo der Kelch als eine bis nach hinten fortgehende Ringwulst mit der stark entwickelten Anlage des vorderen s_1 und den kleineren Höckern der seitlichen Sepala s_2

sichtbar ist. Dem vorderen Kelchblatte opponirt erkennen wir wieder das von den Staubgefässen zuerst entstandene vordere des inneren Kreises als einen stark ausgebildeten Höcker a_1, desgleichen bereits einen kleineren Höcker des über dem seitlichen Kelchblatte stehenden Staubgefässes a_2. Aber zwischen diesem und jenem in etwas geringerer Höhe an der Blüthenachse ist noch ein sanfter Höcker p vorhanden, welchen wir als erste Anlage des dorthin gehörigen Blumenblattes oder dieses und des ihm opponirten Stamen des inneren Kreises zugleich zu betrachten haben, worüber uns die nächste Figur genauer belehrt. Der Achsenscheitel erscheint wieder in der ungleichseitigen Form, mit vorn steil ansteigender, hinten sanft abfallender Böschung c, worin wir wiederum die Vorbereitung für die Anlage des Carpells erkennen. Der weitere Entwickelungszustand, den Fig. 5 darstellt, belehrt uns über das erste Auftreten der Petala und des ihnen opponirten inneren Staminalkreises. Ueber dem Zwischenraume zwischen dem vorderen s_1 und dem seitlichen Kelchblatte s_2 ist eine aus zwei combinirten, soeben sich differenzirenden übereinanderstehenden Höckern gebildete Prominenz p_1 zu sehen; der untere Höcker liegt etwas tiefer, der obere etwas höher als die Ansatzstellen der benachbarten schon weiter entwickelten Anlagen der äusseren Stamina a_1 und a_2. Ebenso macht sich eine ähnliche, schwächere Höckerbildung p_2 bemerklich oberhalb des Raumes zwischen dem seitlichen und dem hinteren Kelchblatte s_3; und endlich ist auch, vom hinteren äusseren Stamen a_3 halb verdeckt, eine median hintenstehende Höckerbildung p_3 erkennbar. Die vorderen und die seitlichen dieser mit den Sepalis alternirenden Protuberanzen zeigen, wie schon oben angedeutet, dass Petala und die ihnen superponirten Stamina als Anfangs mehr oder weniger combinirte Höcker auftreten, die sich erst bei weiterem Fortgange der Entwickelung schärfer von einander differenziren. Immerhin kann man aber bemerken, wie dies insbesondere aus Fig. 4 hervorgeht, dass die in Rede stehende Höckerbildung Anfangs mehr dem Raume unterhalb der Höhe, auf welcher die äusseren Staubblattanlagen inserirt sind, angehört und späterhin höher hinaufgreift, was nur im Sinne einer späteren Anlage der den Petalis superponirten inneren Stamina gedeutet werden kann.

Auch bei Vicia Cracca erhebt sich die erste Bildung der Blätter der Blüthe an der median vorderen Seite äusserst rasch bis zum Scheitel der Blüthenachse. In Fig. 6 sind an einer von

oben gesehenen jungen Blüthe sämmtliche 3 median vorn stehende Blätter bereits angelegt: das am weitesten entwickelte älteste vordere Kelchblatt s_1, das ihm opponirte Stamen a und die schwache halbmondförmige Wulst der Carpellanlage c, während in seitlicher Richtung die Blattentwickelung nur erst am Kelche in sichtbarer Weise weiter um sich gegriffen hat, indem wir ausserdem die seitlichen Sepala s_2 s_2 als noch schwache Höcker bemerken. Einen ungefähr gleichen Entwickelungszustand zeigt Fig. 7 im Längsschnitte, welcher jene 3 erst entstehenden Blatthöcker median halbirt. In späteren Stadien finden wir ebenfalls wieder alles das bestätigt, was wir an den oben besprochenen Papilionaceen ermittelt haben. Fig. 8 stellt eine weiter entwickelte Blüthe von der hinteren Seite aus gesehen dar. Der Kelch ist hier in allen Theilen angelegt; die Grössenabstufungen seiner Glieder von vorn nach hinten treten äusserst auffallend hervor. Das hinten noch offene Carpell nimmt den grössten Raum im Centrum der Blüthe ein. Um dasselbe herum stehen erstens die Anlagen der 5 äusseren Stamina a als ziemlich starke Höcker, zweitens die mit denselben alternirenden Protuberanzen, von denen die hier sichtbaren beiden seitlichen p p sich wiederum als anfänglich combinirte Höcker je eines Blumenblattes und des ihm superponirten inneren Staubblattes erweisen. Auch an der uns zugekehrten hinteren Seite ist in der Mediane der Blüthenachse bereits ein Höcker v vorhanden. Der Längsschnitt durch die Mediane einer Blüthenanlage in dieser Periode ist in Fig. 9 dargestellt. Dass der zwischen dem Kelche und dem Carpell median hinten stehende Höcker ein Primordium für das Vexillum und das ihm opponirte Stamen sei, ist zwar hiernach, so wie besonders nach etwas jüngeren, von der Seite gesehenen Zuständen, wie Fig. 10 einen solchen darstellt, nicht unwahrscheinlich, indessen habe ich doch nicht Stadien antreffen können, wo gerade die Differenzirung desselben in zwei superponirte Protuberanzen unzweifelhaft gewesen wäre. In wenig späterem Zustande schon bemerkt man die Anlagen beider Blätter als besondere Höcker v und av, wie dies die ihres Kelches entkleidete, von hinten gesehene junge Blüthe in Fig. 11 aufweist. Wir sehen die Blumenblätter hier bereits den Anfang machen sich zu flächenartigen Gebilden zu entwickeln, welche die Staminahöcker schon etwas überragen. Jedenfalls gestatten aber diese Zustände, unter sich verglichen, den Schluss, dass die Bildungsthätigkeit der Blüthenachse an diesem Theile zuerst an der dem Vexillum zu-

kommenden Stelle sichtbar wird und von da in verticaler Richtung aufsteigt.

Nicht anders endlich sind die Entwickelungsverhältnisse bei Lupinus elegans. Auch hier erscheint an der regelmässig sphärischen jungen Blüthenachse zuerst das median vordere Kelchblatt (Fig. 12 s_1). Bald darauf erhebt sich der über demselben befindliche Theil der Böschung der Achsenkuppel in Form eines sanften Hügels (Fig. 12 bei a). Es ist die erste Anlage des median vorstehenden Staubblattes des äusseren Kreises. Wir bemerken aber in diesem Stadium weder auf dem Scheitel noch auf der hinteren Seite der Blüthenachse irgend welche anderweite Bildung; von den beiden an der Vorderseite übereinanderstehenden Höckern s_1 und a abgesehen, besitzt die Achsenkuppel noch ihre anfängliche regelmässig sphärische Gestalt, zum Beweise, dass die Anlage des Carpells nicht vor dem vorderen Stamen auftritt. Erst in einem etwas späteren Stadium wird dieselbe sichtbar, wie es Fig. 13 zeigt. Wir erkennen in s_1 das weiter entwickelte vordere Kelchblatt; der Kelch hat sich bereits bis an die Hinterseite der Blüthe als ein Wulst (s) hervorgearbeitet; das vordere Stamen a ist zu einem stärkeren Höcker geworden; der übrige Theil der Blüthenachse aber hat seine regelmässig sphärische Wölbung verloren, indem er sich am Scheitel in einen Höcker c erhoben hat, welcher an der vorderen Seite steil ansteigt, an der hinteren weit schwächer geneigt abfällt; dieses ist also erst die Anlage des Carpells. Das vorgerückte Stadium, welches in Fig. 14 dargestellt ist, zeigt die Uebereinstimmung mit anderen Papilionaceen auch in der weiteren Entwickelung. Wir sehen den Kelch bereits weit fortgeschritten, die 5 Petala p, von denen das Vexillum v noch die geringste Entwickelung hat, ferner die 5 äusseren Stamina a und endlich das Carpell c angelegt; von den 5 inneren Staubblättern sind dagegen nur erst die beiden vorderen ai einigermassen deutlich wahrnehmbar. Hiernach muss auch bei Lupinus, Rohrbach's Angabe entgegen, eine acropetale Entstehungsfolge der ersten Glieder von Kelch, Andröceum und Carpell angenommen werden.

Der im Vorstehenden für die vier untersuchten Arten übereinstimmend dargelegte Entwickelungsverlauf führt uns leicht zu dem richtigen morphologischen Verständniss dieser Blüthenentelungen. Wir haben vor allem zu beachten, dass die die ersten
...nde Bildungsthätigkeit der Blüthen-

achse in zwei verschiedenen Richtungen gleichzeitig, aber mit ungleichen Geschwindigkeiten in beiden fortschreitet. Die eine dieser Richtungen ist die gewöhnliche longitudinale, welche von der Basis der Achse acropetal nach dem Scheitel derselben aufsteigt; die andere ist eine transversale, indem die Glieder der einzelnen Blüthenblattkreise nicht simultan angelegt werden, sondern ihre Entwickelung stets an der median vorderen Kante der Achse beginnen mit rechts und links im Umfange der Achse nach hinten fortschreitender Aufeinanderfolge. Da nun der erste Anfang der blattbildenden Thätigkeit, der an der median vorderen Seite eintritt, in longitudinaler Richtung ungleich rascher fortschreitet, als von dieser Kante der Achse in transversaler Richtung, so kann es, nach den äusserlich sichtbar werdenden Erfolgen dieser Thätigkeit zu urtheilen, den Anschein gewinnen, als würden hierbei gewisse Blattkreise von höher stehenden übersprungen, indem wir zuerst die drei median vorn stehenden Glieder der Blüthe erscheinen sehen, zwischen denen also noch zwei Blattkreise, die Corolla und der innere Staubblattkreis fehlen. Aber dieses Ueberspringen ist nur ein scheinbares, physiologisch existirt es nicht, denn die blattbildende Thätigkeit, welche zuerst nur in der vorderen medianen Kante der Achse acropetal rasch aufsteigt, kann sich selbstverständlich an denjenigen Blattkreisen nicht schon äusserlich sichtbar machen, welche kein median vorn stehendes Glied besitzen, wie die zuletzt genannten beiden Kreise, sobald der Fortschritt in longitudinaler Richtung weit rascher als in transversaler erfolgt. Bei Vicia Cracca, wo die Differenz der Geschwindigkeit beider Richtungen besonders gross ist, zeigt uns Fig. 6, wie die blattbildende Thätigkeit von dem angelegten median vorderen Staubblatte bis zum Carpell rascher fortschreitet, als es ihr von jenem Staubblatte aus in transversaler Richtung möglich ist, denn das Carpell ist schon erschienen noch ehe eine Spur der beiden seitlichen äusseren Stamina sichtbar geworden ist. Es ist daher einleuchtend, dass an einer höheren Region der Achse, an dem inneren Staminalkreise, die blattbildende Thätigkeit in äusserlich sichtbarer Weise erst recht nicht von der Mediane aus seitlich fortgeschritten und somit überhaupt noch in gar keinem Gliede hervorgetreten ist. Auch wenn wir die übrigen Orthostichen der Blüthe in Betracht ziehen, finden wir durchgängig, dass die Entwickelung in acropetaler Richtung aufsteigt, dass in keiner Glieder übersprungen werden; eine Prüfung der Abbildungen wird dies

auch ohne besondere Erläuterung, hinlänglich darthuen. Wir haben also keinen zureichenden Grund, in der Entwickelung der Papilionaceenblüthen eine Abweichung von dem weit verbreiteten morphologischen Gesetze der acropetalen Succession der Blattkreise anzunehmen. Wenn es, was nicht unmöglich wäre, Papilionaceen geben sollte, bei denen Geschwindigkeit des Fortschreitens der Bildungsthätigkeit in longitudinaler Richtung geringer wäre, als in transversaler, so würden diese Fälle sogleich sich im Wesentlichen dem gewöhnlichen Typus der Blüthenentwickelung anschliessen, es würde jedes Motiv für die Annahme einer späteren Einschaltung eines tiefer stehenden Blattkreises geschwunden sein. Aber auch ein solcher Fall würde sich nicht dem einfachen Entwickelungsgesetze der Papilionaceenblüthen entziehen, welches sich dahin ausspricht, dass die blattbildende Thätigkeit an der median vorderen Kante beginnend in longitudinal aufsteigender und transversal umgreifender Richtung gleichzeitig fortschreitet. — Beiläufig verdient auch darauf hingewiesen zu werden, dass hier ein Beispiel vorliegt, welches zeigt, wie die blattbildende Thätigkeit in einer Region des Achsenscheitels schon angenommen werden muss, wenn sie äusserlich noch nicht das sichtbare Resultat einer Blatthöckerbildung erzielt hat.

Es wäre verfrüht, von den relativ wenigen bis jetzt untersuchten Gattungen einen Schluss auf die ganze Familie zu machen; aber die Wahrscheinlichkeit spricht dafür, dass dieses Gesetz, welches immer noch einen ziemlichen Spielraum zulässt für Verschiedenheiten in der Geschwindigkeit der Aufeinanderfolge einzelner Glieder und Kreise und für Modificationen, welche auf äussere räumliche Verhältnisse an der Blüthenachse zurückzuführen sind, sich auch in den übrigen Gattungen wird nachweisen lassen. Nicht ohne Interesse sind in dieser Beziehung auch Rohrbach's oben angeführte Beobachtungen an den den Papilionaceen nächstverwandten Caesalpinieen und Mimoseen, welche bei diesen Familien ebenfalls das Gesetz der acropetal aufsteigenden Aufeinanderfolge der einzelnen Blüthenblattkreise gewahrt und ausserdem noch den Anklang an die Papilionaceen hinsichtlich der von vorn nach hinten fortschreitenden Succession der Sepala bei den Mimoseen, und der Petala und Stamina bei den Caesalpinieen nachgewiesen haben.

II. Geraniaceen und Oxalideen.

Die Geraniaceen, Oxalideen und Zygophylleen sind durch das auffallende Verhältniss ausgezeichnet, dass von den beiden auf die Blumenblätter folgenden fünfgliedrigen Staubblattkreisen der äussere vor den Blumenblättern steht, der innere mit denselben alternirt, und die 5 Carpelle sich wieder alternirend an den inneren Staubblattkreis anschliessen, dass also zwei superponirte Kreise, Petala und äussere Stamina, unmittelbar einander folgen. A. Braun[1]) nahm zur Erklärung dieser Erscheinung an, dass zwischen der Blumenkrone und dem äusseren Staubblattkreise ein Blattkreis geschwunden ist; und zwar betrachtet er denselben bei diesen Familien als eine innere Blumenkrone, deren Spur in Form von Drüsen oder Schüppchen vorhanden sei. Zur Bestätigung dieser Annahme erwähnt der Genannte, dass er bei abnormen Blüthen von Pelargonium öfters einige Theile dieses Schwindekreises wirklich in Form von Blumenblättern ausgebildet gefunden habe. Diese Ansicht fand bei manchen Botanikern Anklang, während andere, wie Schleiden und Schacht, sich überhaupt gegen die Annahme eines Abortus bei Opposition zweier folgender Blattkreise aussprachen, weil die Entwickelungsgeschichte keinen Beleg für einen geschwundenen Blattkreis liefere. Payer[2]) hat dagegen eine andere Erklärung gegeben; er findet bei Pelargonium inquinans, dass nach Anlage der Petala, welche lange Zeit sehr klein bleiben, zunächst die mit denselben alternirenden inneren Stamina erscheinen und darnach erst ein neuer Blattkreis zwischen diese beiden eingeschaltet wird, dessen Glieder zu den äusseren, den Petalis opponirten Staubgefässen werden, die auch bis zuletzt kürzer als die innern bleiben. Der von Payer abgebildete jüngste Zustand, welcher sich auf dieses Verhältniss bezieht (Taf. 13, Fig. 18), zeigt aber schon alle 3 Blattkreise vorhanden, die den Petalis superponirten Stamina als nur etwas niedrigere Höcker. Von Erodium serotinum dagegen, wo an Stelle der äusseren Staubgefässe Staminodien vorhanden sind, bildet Payer (Taf. 12, Fig. 4 und 5) zwei Zustände ab, in deren einem nur erst die Petala, in deren anderem ausserdem nur noch die inneren Stamina zu sehen sind,

1) Verjüngung p. 99.
2) l. c. p. 58 ff. Taf. 12 und 13.

während der spätere Zustand in Fig. 8 an Stelle der Petala zwei übereinander stehende Höcker, die eigentlichen Petala und die Staminodien zeigt. Für Oxalis violacea giebt Payer[1]) die gleiche Entwickelung an. Die darauf bezüglichen Abbildungen (Taf. 11, Fig. 3, 4 und 5) zeigen das successive Auftreten zuerst der Petala, dann des inneren und zuletzt des äusseren, den Petalis superponirten Stamenkreises. Hofmeister[2]) hat diese Darstellung mit als Beleg aufgezählt für die Einschaltung neuer Blattkreise unterhalb schon angelegter. Wiederum in anderer Weise sucht Sachs[3]) die Verhältnisse zu deuten, indem er die den Petalis opponirten Stamina zwar auch später als die anderen entstehen lässt, aber als Glieder des nämlichen Kreises, welche auf derselben Zone der Blüthenachse nachträglich zwischen die 5 zuerst entstandenen interponirt werden sollen. Er gründet dies auf Beobachtungen an Dictamnus Fraxinella, und spricht es mehr als Vermuthung aus, dass bei den übrigen oben genannten Familien derselbe Vorgang stattfindet, wonach also die Blüthen dieser Familie denjenigen der nahe verwandten Lineen und Balsamineen ganz conform erscheinen würden, sobald man sich nur die durch Interponirung gebildeten Glieder wegdenkt.

Mir dienten zur Untersuchung Geranium sanguineum und Oxalis stricta; an beiden habe ich genau übereinstimmende Resultate gefunden. Mit denselben steht zwar, von einigen untergeordneten Abweichungen abgesehen, das positiv Beobachtete in den Angaben Payer's und Sachs's nicht im Widerspruche; dagegen sind die Deutungen des Beobachteten bei beiden Forschern unzweifelhaft irrig. Bei Geranium entstehen zuerst die Sepala in $\frac{2}{5}$ Succession; die von ihnen eingefasste Blüthenachse zögert darauf eine Zeitlang mit der weiteren Blattbildung, so dass sie als eine regelmässige, schwach gewölbte Kuppel erscheint, an welcher, zumal in der Scheitelansicht keinerlei Spuren von Protuberanzen zu bemerken sind. Diesem Zustande entspricht die auf Dictamnus bezügliche Figur 357 A* bei Sachs vollkommen. Erst wenn die Kelchblatthöcker bereits ihre blattartige Gestalt anzunehmen und sich über den Achsenscheitel zu legen beginnen, treten an diesem die nächstfolgenden Blattkreise in ihren ersten Anlagen hervor, die nun sehr

1) l. c. p. 54 ff. Taf. 11.
2) l. c. p. 468.
3) Lehrbuch d. Botanik, 3. Aufl. p. 519 u. 523, Fig. 357 A; und 4. Aufl. p. 581.

aber auch grössere Fortschritte an der höheren Region, und so differenzirt sich hier ein stärkerer Buckel, die Anlage des Staubblattes, von der zunächst schwach bleibenden frühesten Protuberanz, welche dem Blumenblatte angehört. Wir werden den gleichen Sachverhalt besonders deutlich auch bei Oxalis wiederfinden. Hiernach ist durchaus kein Grund vorhanden weder für die Annahme einer späteren Einschaltung eines Blattkreises unterhalb eines schon vorhandenen, noch einer Interponirung neuer Glieder in die Zwischenräume der schon angelegten eines und desselben Kreises. Vielmehr folgen sich hier ebenfalls die drei übereinander geordneten Blattkreise auch entwickelungsgeschichtlich einer dem andern in aufsteigender Richtung. Es bleibt somit auch hier das allgemeine morphologische Gesetz der acropetalen Succession der Anlage der Blattkreise gewahrt. Ebenso muss die Stellung zweier unmittelbar einanderfolgender Blattkreise übereinander als Thatsache bestehen bleiben. Ob zwischen beiden ein Schwindekreis anzunehmen ist, ist gegenwärtig mehr Sache der Speculation, wenngleich in den bei Geranium deutlichen Drüsen des Blüthenbodens, welche zwischen den Insertionen der Petala stehen, und in den von A. Braun an missgebildeten Pelargoniumblüthen beobachteten Erscheinungen vielleicht einige thatsächliche Momente für diese Frage liegen könnten.

Während bei ihrer ersten rasch aufeinanderfolgenden Entstehung die Höcker des äusseren Staminalkreises grösser erscheinen als die des inneren, kehrt sich dieses Verhältniss in der Folge bald um: die inneren entwickeln sich rascher und haben bald die äusseren an Grösse überholt. Dieses Verhältniss bleibt dann stetig, denn auch in der fertigen Blüthe sind bekanntlich die inneren Staubgefässe länger. Bald nachdem die 10 Stamina aufgetreten sind, erscheinen die ersten Anlagen der 5 Carpelle. Der über dem Andröceum befindliche Achsenscheitel bekommt zunächst, von oben gesehen, eine schwach fünfeckige Gestalt, so dass die Ecken über die Zwischenräume der inneren Staminalhöcker zu liegen kommen. Es sind dies die ersten Spuren der Carpelle, deren Medianen in ihrer Lage diesen Ecken entsprechen. Letztere entwickeln sich nun rasch weiter derart, dass sie sich in Form schwacher halbmondförmiger Wülste erheben, welche an den Ecken am höchsten sind und seitlich gegen ihre Nachbarn hin abfallen (Fig. 22). Ein weiterer Entwickelungszustand besteht darin, dass die Carpellwülste bei ihrer seitlichen Ausdehnung aufeinandertreffen

und dass nun von diesen Punkten aus sie sich derart fortbilden, dass gemeinschaftliche Längswülste sich aus der Achsenoberfläche erheben, welche gegen den Scheitel derselben hin aufsteigen. Dieses sind die Anlagen der Scheidewände, die nach aussen convexen Wülste diejenigen der knopfförmig vorspringenden Aussenwandungen der 5 Fächer des Fruchtknotens. Die zukünftigen 5 Fächer sind daher jetzt bereits als ebensoviele, noch offene Vertiefungen auf dem Achsenscheitel zu sehen. Da der letztere zwischen den anfänglichen Carpellhöckern kuppelförmig gewölbt bleibt, so liegen die peripherischen Theile der Fruchtknotenwand tiefer als der Punkt, an welchem die fünf Längswülste auf der Achsenspitze zusammentreffen; es werden also die Innenwinkel der Fächer von der als Mittelsäule erscheinenden Blüthenachse gebildet. Späterhin thürmt sich die Blattbildung an den den halbmondförmigen ersten Carpellwülsten entsprechenden Punkten sehr bedeutend auf, woraus die Anlagen der Griffel hervorgehen. Es folgen dann die seitlichen Theile und die Anlagen der Scheidewände nach und schliessen endlich über den Räumen der Fächer zusammen. — Die Weiterentwickelung der Petala verzögert sich sehr lange; wenn bereits die Carpellwülste deutlich aufgetreten sind und die Anlagen der Stamina unter Förderung des inneren Kreises schon eine sehr weit fortgeschrittene Ausbildung erlangt haben, sind die Petala beim Anblick der Blüthe von oben noch immer unter den äusseren Staminalhöckern verborgen (Fig. 22).

An den Blüthen von Oxalis stricta treten die Kelchblätter ebenfalls in $\frac{2}{5}$ Divergenz nacheinander auf. Die Blüthenachse bleibt dann eine Zeit lang als eine regelmässige Kuppel sichtbar und erfährt die nächsten Veränderungen erst wenn jene eine weitere Ausbildung erlangt haben. Auch hier zeigt in diesem Zeitpunkte die Blüthenachse von oben betrachtet an den 5 über den Zwischenräumen der Kelchblätter liegenden Punkten schwache Höcker und häufig auch schon zwischen diesen an einer wenig höheren Region schwächere Anfänge eines zweiten Kreises von Höckern, wie es in Fig. 15 dargestellt ist. Diese Figur zeigt einen der frühesten für die Beobachtung zugänglichen Entwickelungszustand der betreffenden Blattbildungen, an welchem ich das hinsichtlich des frühen Erscheinens der Petala-Anlagen bei Geranium Beobachtete auch durch eine andere Beobachtungsweise constatiren konnte, nämlich bei Betrachtung der Blüthenachse von oben, in der Lage wie sie unsere Figur zeigt. Bei flüchtiger Betrachtung und schwacher

Vergrösserung glaubt man über den Zwischenräumen der Kelchblätter einfache Höcker zu sehen. Bei genauer Prüfung lösen sich aber dieselben mehr oder minder deutlich in 2 dicht übereinander stehende Protuberanzen auf, welche zum Theil durch ungleiche Grösse, zum Theil und vornehmlich durch verschiedene Umrissformen sich von einander unterscheiden. Wenn man eine nicht zu schwache Vergrösserung wählt, so kann man, weil das junge Gewebe durchscheinend ist, durch höhere und tiefere Einstellung des Tubus diese differenten Umrissformen nicht unschwer unterscheiden (Vergl. Fig. 16 bei p). Zu unterst gewahrt man dann eine Protuberanz von geringerer Grundfläche und stärkerer Krümmungslinie; an einem wenig höheren Punkte geht sie über in eine solche von breiterer, nämlich rechts und links gleichweit über die Basis jener hinausgreifender Grundfläche und von schwächerer Krümmung. Ist der letztgenannte Höcker schwach, so kann der erstere noch etwas unter ihm vorragen; meist überdeckt er denselben, so dass die Aussenseiten beider gerade übereinander liegen. Somit zeigt sich auch hier wieder, dass wenn man auf die ersten Spuren der Anlage zurückgeht, welche überhaupt der Beobachtung zugänglich sind, die frühe Existenz der Petalabildung sich kundgiebt, dass Petala und der zunächst über ihnen stehende Staminalkreis in fast unmerklichen Zeitintervallen nach einander angelegt werden, worauf dann nicht minder rasch der innere Staubblattkreis folgt. In einem späteren Stadium zeigt nun auch die Blüthe von Oxalis dieselbe Erscheinung, die die Beobachter bei den verwandten Familien gesehen haben, nämlich dass bei Betrachtung der Blüthe von oben über dem Kelche zwei alternirende Kreise von Höckern sichtbar sind, deren unterster mit den Sepalis alternirt und bisher für die Corolle genommen worden ist. Wenn man sich aber von Blüthen solcher Entwickelungszustände die Profilansicht verschafft, so bemerkt man die wahren Petala-Anlagen schon deutlich unter den erstgenannten Höckern (vergl. Fig. 18 bei p p). Besonders deutlich zumal hinsichtlich ihrer abweichenden Gestalt, werden sie bei Betrachtung der Blüthenanlage von unten, wenn man sie durch Wegnahme eines oder mehrerer Kelchblätter freigelegt hat, wie es Fig. 17 darstellt, welche einem nahezu gleichen Entwickelungszustande entnommen ist. Wir kommen somit auch für die Gattung Oxalis zu denselben Consequenzen, welche wir oben für Geranium gezogen haben, und es ist darnach mit grosser Wahrscheinlichkeit zu vermuthen, dass auch die verwandten Familien, bei denen die

gleichen Stellungsverhältnisse des Andröceums zur Corolle vorkommen, die gleiche Entwickelungsgeschichte aufweisen.

III. Malvaceen.

Die Malvaceen bieten hinsichtlich der entwickelungsgeschichtlichen Beziehungen des Andröceums und der Corolle Erscheinungen dar, welche im Wesentlichen mit denjenigen der Geraniaceen und Oxalideen übereinstimmen. Allein es bestehen auch hier bei den einzelnen Schriftstellern keineswegs übereinstimmende Ansichten.

Eine eingehende und wie das Folgende zeigen wird, in der Hauptsache naturgetreue Darstellung der Entwickelungsgeschichte der Malvaceen-Blüthe besitzen wir von Duchartre[1]), welcher die an zwölf verschiedenen, jedoch nicht näher bezeichneten Species dieser Familie gewonnenen Resultate folgendermassen resumirt. Zuerst erscheine der Aussenkelch, darauf der eigentliche Kelch, welcher als eine continuirliche Wulst auftritt, die später an 5 Punkten zu den Höckern der Sepala sich erhebt. Die Kuppel der Blüthenachse bilde nach einiger Zeit an ihrem äusseren Rande 5 kleine Hügel, welche mit den Kelchblättern alterniren. Dieser Zustand sei aber bei den meisten Species von sehr kurzer Dauer, denn fast zu gleicher Zeit mit seinem Sichtbarwerden theile sich jeder Hügel in 2 Höcker, welche bald deutlich hervortreten. Diese 10 Höcker seien ebensoviele entstehende Staubgefässe. Während der Bildung dieser 5 Paare sehe man unterhalb eines jeden derselben, an der äusseren Seite 5 kleine von einander getrennte Falten, die entstehenden Petala, deren Anlage hiernach etwas später als die des Andröceums erfolgt. Duchartre bemerkt jedoch, dass der Zeitunterschied so gering sei, dass man ohne Irrthum beide Kreise als nahezu gleichzeitig betrachten könne. Kurze Zeit nach dem Erscheinen der ersten 10 Staubgefässhöcker entstehe ein zweiter Quirl von 10 neuen innerhalb des ersten, wiederum in 5 Paaren, welche jenen opponirt sind. Darauf folge ein dritter solcher Quirl in derselben Stellung, dann ein vierter u. s. w. Gleichzeitig während diese Bildungen nach innen fortschreiten, erhebe sich ihre gemeinschaftliche Basis zu einer Röhre, an welcher die 5 ältesten Paare die tiefste Stelle einnehmen. Etwas später gewinnen die Staminalhöcker an Breite, es zeige sich dann in ihrer

1) Compt. rend. Tom. XVIII. 1844. p. 487 ff.

Mitte eine Kerbe, endlich seien sie in 2 getrennte Höcker gespalten. Auch dieses schreite von aussen nach innen fort, und so treten endlich an die Stelle jedes der 5 Paare von Staubgefässen in Folge einer Verdoppelung 4 junge Antheren. Duchartre scheint das ganze Andröceum, auch bei grosser Anzahl von Staubgefässen, als einen einzigen Blattkreis zu betrachten und somit eine Verzweigung der Staubgefässanlagen anzunehmen. Die häufig vorkommenden Zähnchen am oberen Rande der Staminalröhre, welche mit den Staubgefässen alterniren, deutet er als Rudiment des hier nicht ausgebildeten alternirenden zweiten Staminalkreises, dessen Existenz die Analogie der Malvaceenblüthe z. B. mit der Geraniaceenblüthe vollständiger machen würde.

Nach Payer[1]) entsteht der Kelch nicht in Form einer Ringwulst, sondern in 5 getrennten Höckern, welche successiv in $\frac{2}{5}$ Divergenz erscheinen und darnach erst durch eine zwischen ihnen hervortretende Wulst sich verbinden. Nach der Entstehung des Kelches flache sich die bis dahin konische Blüthenachse ab und werde kraterförmig, indem der Rand sich ringsum gleichmässig erhebe. An der Basis dieses Walles entwickeln sich alsbald 5 mit den Kelchblättern alternirende Höcker, die Petala. Diese seien Anfangs wenig sichtbar, aber bestimmt vor dem Andröceum vorhanden. Auf dem Rande des Kraters bilden sich dann 10 Furchen, welche die Oberfläche desselben in 10 gleiche Partien theilt, die paarweise den Blumenblättern superponirt sind. Aus diesen 10 Höckern werden die Stamina; jeder producire nämlich eine Reihe solcher, von denen Duchartre's Angabe entgegengesetzt der oberste der älteste sei, die übrigen in absteigender Folge erscheinen. Jeder Höcker theile sich dann in zwei, so dass 10 Doppelreihen entstehen; die aus dieser Theilung hervorgehenden Höcker seien die später getrennten Antherenfächer. Die 10 ursprünglichen Reihen seien nicht überall gleich; z. B. bei Pavonia hastata abwechselnd kleiner und grösser, und bei Hibiscus syriacus seien die Furchen zwischen ihnen abwechselnd mehr und minder tief; bei Malvaviscus arborea gebe es sogar nur 5 Furchen und primäre Höcker. Die spätere Zweitheilung beginne, wo die Höcker ungleich sind, am grösseren zuerst.

Eine wesentlich abweichende Auffassung des Andröceums der Malvaceen finden wir dagegen bei Sachs[2]). Was die an Althaea

1) l. c. p. 29 ff. Taf. 6—8.

2) Lehrbuch der Botanik. 1. Aufl. p. 467.

rosea beobachteten Thatsachen anlangt, so werden sie allerdings der Hauptsache nach im Einklange mit denen der früheren Beobachter geschildert. Die angelegten Blumenblätter bleiben im Wachsthum zurück, während sich oberhalb und innerhalb derselben ein Ringwulst erhebt, der durch seine fünfeckige Form seine Verwachsung aus 5 Gliedern erkennen lasse. Diese Ringwulst, die Anlage des Andröceum erhebe sich rasch und lasse auf seinen 5 äusseren Kanten fünf Doppelreihen von Protuberanzen auftreten. Jede der letzteren sei die Anlage eines Staubgefässes, die aber bald wieder 2 kleinere Höcker erkennen lasse, die Anlagen der beiden später auseinanderrückenden Antherenhälften. Das Andröceum bestehe also aus 5 ursprünglichen, frühzeitig untereinander zu einer Röhre verwachsenen zusammengesetzten Staubblättern. Da aber die 5 Kanten der Röhre den Blumenblättern superponirt sind, so schliesst Sachs, dass sie den verwachsenen Rändern von 5 mit der Corolle alternirenden Blättern entsprechen, dass also jede Längsreihe einfach getheilter Staubfäden einem Rande eines ursprünglichen, mit den Blumenblättern alternirenden Staubblattes entspricht, der hier mit dem Rande des nächsten Staubblattes der Länge nach verwachsen wäre. Dieser Auffassung ist später[1]) noch ein bestimmterer Ausdruck gegeben worden. Daselbst ist bemerkt, dass die Entwickelungsgeschichte und die Vergleichung mit verwandten Formen zeige, dass die Röhre in dieser Weise aus 5 Staubblättern durch seitliche Verschmelzung entstehe, und dass die Ränder der Staubblätter rechts und links je eine einfache Reihe von Filamenten als Auszweigungen tragen, ähnlich wie vielfach die Carpelle an ihren Verwachsungsrändern die Samenknospen in Doppelreihen tragen. Das Verhältniss gleiche dem von Tilia, wo die 5 primordialen Staubblätter sich ebenfalls an den Rändern verzweigen. Das Gynaeceum von Althaea wird nach Sachs[2]) übereinstimmend mit Payer's Angaben erst spät nach Erscheinen des Andröceums dadurch angelegt, dass am Umfange des breiten sphärisch gerundeten Endes der Blüthenachse ein Kranz von zahlreichen Protuberanzen entsteht, die nach innen nieschenartig ausgehöhlt und mit ihren Seitenrändern der Achse angewachsen sind; innerhalb jeder Höhlung entstehe, von der Achse ausgehend, eine Samenknospe. Die Vergleichung mit Hibiscus und anderen Malvaceen rechtfertige die

1) Lehrbuch der Botanik. 3. Aufl. p. 468 und 4. Aufl. p. 530.
2) l. c. 1. Aufl. p. 467.

Annahme, dass auch hier der Anlage nach 5 Carpelle vorhanden seien, deren jedes aber sofort bei seinem Entstehen sich seitlich verzweigt, woraus die zahlreicheren Glieder des Gynäceums hervorgehen würden.

Auch bei Hofmeister[1]) findet sich die Bemerkung, dass bei den Malvaceen die zusammengesetzten Stamina mit den Kronenblättern alterniren. Payer habe irrthümlich die verwachsenen Seitenränder je zweier Staubblätter für die Mediane eines Staubblattes genommen.

Nach meinen Untersuchungen an Malva crispa L. schreitet die Weiterentwickelung der Blüthe nachdem die Sepala bereits eine nicht unbeträchtliche Grösse angenommen haben, in der Weise fort, dass die zwischen denselben stehende Blüthenachse, welche bis dahin regelmässig abgerundet war, sich an 5 von einander gleichweit entfernten Punkten des Umfanges stärker ausdehnt und dadurch stumpf fünfeckig wird. Die Ecken alterniren mit den Kelchblättern und müssen, wenn man ihr weiteres Verhalten verfolgt, als die ersten, jetzt bereits auftretenden Anlagen der Petala betrachtet werden. Unmittelbar nachdem der Scheitel der Blüthenachse diese Gestaltsveränderung angenommen hat, treten oberhalb der Ecken neue Protuberanzen hervor in Gestalt paariger kleiner Hügel, welche von oben gesehen sphärisch gewölbt und von runden Umrissen erscheinen. Ich habe bei dieser Pflanze ebenfalls nicht finden können, dass dieselben ursprünglich als einfache Höcker, die sich sofort in zwei secundäre spalten, auftreten. Schon ihr erstes Sichtbarwerden ist ein gesondertes; dabei ist es der gewöhnliche Fall, dass die ein Paar bildenden Höcker etwas ungleiche Grösse haben, und es scheint sogar dass der kleinere sich in seinem ersten Auftreten gegen den anderen ein wenig verspätet. Eine regelmässige Beziehung in der Stellung der kleineren zu den grösseren Höckern innerhalb desselben Cyklus liess sich nicht auffinden. Fig. 23 stellt den in Rede stehenden Entwickelungszustand an einer von oben betrachteten Blüthenachse, Fig. 24 denselben im Längsschnitte dar. Beide zeigen das gesonderte Auftreten der paarigen Höcker. Der Längsschnitt verdeutlicht wiederum die schon oben an anderen Blüthen besprochene Erscheinung, dass bei dem ersten rasch aufeinanderfolgenden Hervortreten der Petala und der ihnen superponirten Bildungen die Höcker beider Kreise in longi-

1) l. c. pag. 505.

tudinaler Richtung zunächst wenig oder kaum differenzirt sind. In einem etwas späteren Entwickelungszustande, welchen Fig. 25 versinnlicht, haben die paarigen Höcker bedeutend an Deutlichkeit gewonnen, sie zeigen auch jetzt noch oft ihre ungleiche Grösse, und zugleich sind sie häufig ein wenig gegeneinander verschoben, derart, dass der eine etwas höher als sein Nachbar steht. Unter ihnen hat sich die Anlage des Petalum ebenfalls deutlicher differenzirt: sie stellt einen in horizontaler Richtung breiteren, also bereits zur Blattform sich hinneigenden, sehr stumpfen, fast abgestutzten Höcker dar. Erst in dieser Periode bemerken wir nun, dass die zwischen den 5 paarigen Bildungen liegende Zone der Achsenoberfläche sich als eine Wulst erhebt, welche je 2 Anlagen untereinander verbindet. Wir haben jetzt den Anfang der Röhre des Andröceums vor uns, und die paarigen Höcker sind die Anlagen der 5 gespaltenen primordialen Filamente. Malva crispa bildet nur diesen einen Wirtel von 10 Staubgefässen. Nach diesen entwickelungsgeschichtlichen Daten bleibt meines Erachtens nur die Annahme zulässig, dass die zuerst in die Erscheinung tretenden paarigen Höcker die Medianen der Staubblätter vorstellen, welche somit den Petalis opponirt sind. Wollte man an derjenigen Deutung festhalten, welche diese paarigen Höcker als aneinander liegende Ränder je zweier benachbarter Staubblätter erklärt, so würde das die paradoxe Annahme involviren, dass die beiden äussersten Ränder eines Blattes früher als dessen Mediane in Form räumlich weit von einander abstehender Protuberanzen entstehen. Denn die Entwickelungsgeschichte lässt in der That jene paarigen Höcker als die ersten Emergenzen in dieser Zone des Achsenscheitels, in der Mitte zwischen denselben aber anfänglich gar keine Bildungen erkennen. Die superponirte Stellung der Staminalhöcker über den Blumenblättern kann allein zu jener Annahme nicht berechtigen, gegenüber den zahlreichen Fällen unzweifelhaft superponirter Stellung zweier unmittelbar einander folgender Blattcyklen, insbesondere gerade in den den Malvaceen nicht gar sehr entfernt verwandten Familien der Geraniaceen, Oxalideen etc.

Es kann fraglich sein, ob man die gesondert auftretenden Höcker der paarigen Staminalprimordien für zwei besondere Blätter halten und somit hier einen Fall von Dedoublement annehmen, oder ob man sie für Auszweigungen eines wirklich einfachen Primordiums betrachten soll. Beide Erklärungen sind statthaft; die Entwickelungsgeschichte kann hierüber nichts entscheiden. Es muss

zugegeben werden, dass die Bildungsthätigkeiten, welche auf die Verzweigung eines Organes abzielen, so weit anticipirt werden können, dass uns das Organ schon bei seinem ersten Erscheinen mit beginnender Differenzirung der mehrfachen Wachsthumrichtungen vor die Augen tritt. Und da in der weiteren Entwickelung des Andröceums der Malvaceen unzweifelhaft Verzweigungen der Staubblätter stattfinden, so ist die Annahme, dass die 5 den Petalis opponirten Stamina schon mit dem ersten ihrer Verzweigungsgrade aus der Oberfläche der Blüthenachse hervorgehen, dass also die paarigen Höcker nur Theile eines einzigen Blattes sind, sehr wohl gerechtfertigt. Da die an anderen Malvaceen gewonnenen Resultate Duchartre's und Payer's mit dem eben Mitgetheilten in den wesentlichen Punkten übereinstimmen, so dürfte die hier gegebene Deutung des Andröceums auch eine weitere Gültigkeit in dieser Familie beanspruchen. Besonderes Gewicht muss in dieser Beziehung auch auf Payer's Beobachtung von 5 einfachen Staminalhöckern an Stelle der paarigen bei Malvaviscus arborea gelegt werden. Schliesslich mag nochmals betont werden, dass für die Annahme eines späteren Erscheinens der Blumenblattanlagen im Vergleich mit der Entstehung des Andröceums die Entwickelungsgeschichte auch hier keinen Anhalt bietet.

Die weitere Verzweigung dieser 10 Glieder des Andröceums erfolgt hier erst, wenn die Anlage der Staminalröhre sich schon zu einem kurzen Hohlcylinder gestreckt hat. Fig. 26 stellt diesen Zustand im Längsschnitte dar; wir bemerken jetzt die paarigen, nunmehr knopfartigen Höcker auf dem oberen Rande der Staubgefässröhre a und erkennen an jedem Specialhöcker eine über seinen Scheitel laufende Einkerbung, durch welche er in 2 Theile sich sondert. Dieses sind die beiden Antherenfächer, welche später durch fadenförmige Streckung des zwischen ihnen liegenden Connectivtheiles auseinander geschoben werden. Zugleich bemerken wir in diesem Zustande die Anlagen der Kronenblätter p noch kaum weiter entwickelt als wir sie in Fig. 25 verlassen haben; es sind sehr niedrige Wülste, welche da, wo die Basis der Staminalröhre der Blüthenachse ansitzt, aus dem Rücken jener zu entspringen scheinen: es hat sich durch ein gemeinschaftliches, nur unbedeutendes Wachsthum der Basis des Blumenblatthöckers und der Staubgefässröhre bereits das Verhältniss ziemlich deutlich angelegt, welches uns im fertigen Zustande der Blüthe die Petala mit dem Grunde der Staminalröhre verwachsen zeigt.

In das zuletzt besprochene Entwickelungsstadium fällt nun auch die Entstehung des Gynäceums. Dieselbe besteht nach meinen Beobachtungen in der Bildung einer simultan um den Achsenscheitel auftretenden, zunächst sehr schwachen, niedrigen Ringwulst, durch welche das Ende der Achse etwas napfartig vertieft wird (vergl. Fig. 26 c). Ich kann nicht behaupten, dass auf dem Kamme dieser schwachen Wulst anfangs irgend bemerkbar hervorragende Stellen sichtbar wären. Vielmehr bilden sich erst in einem späteren, allerdings ziemlich rasch darauf folgenden Entwickelungszustande auf dem oberen Rande der Wulst 10 zunächst ganz niedrige Höcker, welche in ihrer Stellung den Medianen der Carpelle entsprechen. Gleichzeitig erheben sich an dem inzwischen durch Wachsthum wieder emporgewölbten Achsenscheitel aufsteigend Längswülste, welche den zukünftigen Scheidewänden des Ovariums entsprechen. Sie bilden sich zwischen den Höckern der Carpellmedianen aus der Ringwulst anhebend nach aufwärts und erzeugen auf diese Weise die von Sachs bereits beobachteten nieschenartigen Vertiefungen innerhalb der einzelnen Protuberanzen. Oberhalb derselben schliessen sie bald wieder zusammen und grenzen so die einzelnen Fächer des Ovariums ab, die hiernach an der inneren und unteren Seite von der Achsenoberfläche begrenzt werden. Zugleich erheben sich die Höcker des Ringwulstes und schliessen die Fächer auch oberseits ab, indem sie sich zugleich noch höher thürmen und so die Anlagen der Griffel bilden. Schon um diese Zeit erscheint in jedem Fache die Anlage einer Samenknospe als ein kleiner von der Blüthenachse sich erhebender, den Hohlraum des Faches bald ausfüllender Höcker. Fig. 27 zeigt diesen Zustand des Gynäceums von oben gesehen; wir erkennen durch das transparente Gewebe hindurch hinter jeder der 10 Protuberanzen der Ringwulst die schon abgeschlossenen Nieschen der Fächer mit der von innen her in sie hineinragenden Anlage der Samenknospe. Ueber diesen Stellen ragen die Buckel der Griffelanlagen in die Höhe, während ein grosser Theil der Achsenkuppel noch nicht von den Carpellblättern überwallt ist. — Das erste Erscheinen des Gynäceums in Gestalt einer continuirlichen Ringwulst bietet für die Deutung der Zahlenverhältnisse der Carpellblätter keinen Anhalt. Es liesse sich ebensowohl denken, dass die später hervortretenden Protuberanzen ebensovielen selbständigen Blättern, als dass sie Auszweigungen einer geringeren Anzahl von Carpellen entsprechen. Bei ihrer hier typischen Zehnzahl, ihrem anscheinend

ganz gleichzeitigen Auftreten und ihrer von einander gleichweit entfernten (nicht wie im Andröceum paarweis genäherten) Stellung erscheint es indess als die nächstliegende Erklärung, sie für ebensoviele besondere Carpelle zu halten.

IV. Primulaceen.

Nach Duchartre[1]) entsteht bei den Primulaceen der Kelch als eine continuirliche Wulst, auf welcher sich erst die 5 Sepalahöcker erheben; darauf erscheinen am Umfange der Blüthenachse mit jenen alternirend 5 kleine, runde Hügel, die Anlagen der Staubgefässe, und erst wenn diese eine gewisse Grösse erreicht haben, kommt auswendig an ihrem Grunde die Corolle zum Vorschein in Gestalt eines ringsumlaufenden niedrigen Wulstes, der unterhalb der Staubgefässanlagen ein wenig höher ist. Die Corolle sei daher mehr wie ein Theil des Andröceums oder wie durch Dedoublement aus diesem entstanden zu betrachten.

A. Braun[2]) nimmt Corolle und Andröceum der Primulaceen für selbständige Blattkreise und erklärt ihre superponirte Stellung durch Annahme eines Schwindekreises zwischen beiden, der in der verwandten Familie der Myrsineen als innere Corolle und selbst bei manchen Primulaceen andeutungsweise in den Staminodien vorhanden ist.

Wigand[3]) will bei den Primulaceen den Staubgefässkreis nicht als eigenen Blattkreis, sondern die Antheren als blosse Anhängsel auf der innern Fläche der Corolle betrachtet wissen und damit das Opponirtsein dieser und der Corollenzipfel erklären. Bei der Blüthenentwickelung von Primula chinensis findet er innerhalb des Kelches alternirend mit dessen Zipfeln im Kreis 5 rundliche Warzen sich erheben, welche aber gegeneinander und nach innen nicht scharf abgegrenzt mehr eine 5-lappige ausgeschweifte Scheibe bilden, die sich nach der Mitte zu flach vertieft. Später erscheinen auf den Lappen 5 convexere Erhabenheiten, so dass jede der letzteren nach aussen einen von jener Scheibe gebildeten Rand hat, der sich später zur Corolle entwickelt, während die 5 Convexitäten zu Antheren werden.

---

1) Compt. rend. Tom. 18 und 19, und Ann. sc. nat. 3. sér. T. II. p. 283—284.
2) Verjüngung, p. 99.
3) Grundlegung der Pflanzenteratologie, p. 21, Anmerkg.

Payer[1]) sah an Samolus Valerandi die Kelchblätter nach $\frac{2}{5}$ Divergenz aufeinander folgen, darauf die Blumenblätter gleichzeitig und zwar zuerst als freie, später durch eine Corollenröhre sich verbindende Höcker auftreten. Darauf sollen die Stamina sichtbar werden als 5 den Blumenblättern superponirte, aber zuerst unabhängig von diesen und simultan erscheinende Höcker. Die beigegebene Abbildung Taf. 153 Fig. 19 zeigt jedoch schon beide Bildungen vorhanden. Nach den Staubgefässen treten 5 mit den Blumenblättern alternirende Höcker auf, welche sich später mit der Corolle verbinden. Es sind die Anfänge der Staminodien, welche Payer als Repräsentanten des sonst fehlenden alternirenden Blattkreises betrachtet.

Hofmeister[2]) vermuthet auch hier eine nachträgliche Einschaltung der Kronenblätter zwischen den lange zuvor gebildeten Wirtel der Kelchblätter und den ganz vor kurzem angelegten der Stamina.

Einer eingehenden Untersuchung wurde die Entwickelungsgeschichte der Primulaceenblüthe von Pfeffer[3]) unterworfen. Nach Diesem entsteht der Kelch als 5 successiv nach $\frac{2}{5}$ Divergenz auftretende Höcker, deren Zwischenräume rasch durch einen Ringwall überbrückt werden. Darauf folgt unmittelbar die Anlegung des Andröceums; ihr geht eine Veränderung der Form der Blüthenachse vorher, bestehend in der Bildung eines peripherischen schwachen Ringwalles, den Autor als Anschwellung der Achse betrachtet und auf welchem rasch 5 vor den Kelchbuchten liegende Höcker auftreten, die Primordien der Stamina. Erst wenn diese eine ansehnliche Grösse erreicht haben, bilden sich die Petala am Grunde ihrer Aussenseite in Gestalt tangential gestreckter Wülste; letztere verbinden sich erst nachträglich mit einander zur Corollenröhre, indem ihre Zwischenräume überbrückt werden. Pfeffer erblickt hiernach in den Kronenblättern nur Auszweigungen der Staminaprimordien, die als eine neue Wachsthumsrichtung frühzeitig aus denselben hervorgehen und vergleicht sie, von ihrer Lage abgesehen, mit Stipularbildungen. Die Primulaceen sind ihm daher apetale Gewächse, deren Typus in Glaux am reinsten hervortritt, wo nach Pfeffer die nach der Anlegung des Kelches unmittelbar folgenden Stamina zu keiner Zeit aus ihrem Grunde Corollen-

1) l. c. p. 611 ff. Taf. 153.
2) Allgemeine Morphologie, p. 504.
3) Pringsheim's Jahrbücher, VIII.

bildungen hervortreten lassen. Die Staminodien aber (bei Samolus) erklärt er für einen besonderen Blattkreis, weil er denselben nach dem Andröceum und unabhängig von der Corolle an der Blüthenachse entstehen und erst später mit jener sich verbinden sah.

Die Blüthenentwickelung von Lysimachia vulgaris zeigte mir in der Hauptsache dieselben Erscheinungen, welche Pfeffer beobachtete; nur ein Verhältniss finde ich bei dieser Pflanze ziemlich ausgeprägt, welches von ihm nicht ausdrücklich hervorgehoben worden ist, aber für die Deutung der Entwickelungsgeschichte von Belang ist. Aber auch wenn dasselbe sich nicht erkennen liesse, könnte ich mit Pfeffer's Schlussfolgerungen nicht einverstanden sein. Die erste Veränderung, welche nach der Entstehung der Kelchblätter an der Blüthenachse eintritt, besteht darin, dass der früher kreisförmige Umriss derselben deutlich fünfeckig wird, wobei die Ecken über den Zwischenräumen der Sepala entstehen. Dies findet zu einer Zeit statt, wo der Kelch bereits eine ansehnliche Entwickelung erreicht hat (Fig. 28). Ein Längsschnitt durch eine junge Blüthe in diesem Zustande belehrt uns, dass dabei die Blüthenachse auf ihrer oberen Seite ziemlich eben ist und mit gerundeten Böschungen nach dem Innenrande der Kelchinsertion abfällt (Fig. 29). Von einer Anschwellung der Blüthenachse in einen peripherischen Ringwall ist hier um diese Zeit nichts und auch später bei der Anlegung der Stamina kaum eine Spur zu bemerken. Das Entstehen jener Ecken ist offenbar die Folge des Auftretens einer neuen und zwar zur Achse radialen Wachsthumsrichtung; diese ist identisch mit derjenigen, in welcher Pfeffer die Petala aus dem unteren Rande der Staminaprimordien sich hervorschieben lässt. Die Ecken zu betrachten als zur Gestalt der Achse gehörig, dazu liegt kein Grund vor. Zu anderer Zeit hat der Scheitel der Blüthenachse, desgleichen derjenige der vegetativen Achsen unserer Pflanze kreisrunden Umriss. Da vielmehr diese Emergenzen sowohl ihrem Orte als ihrer Wachsthumsrichtung nach den Kronenblättern entsprechen und da auch der Zeitpunkt ihres Auftretens derselbe ist, wie der, zu welchem wir sonst das erste Erscheinen der Petala zu bemerken pflegen, so ist nichts der Annahme entgegen, dass die in Rede stehenden Bildungen der erste sichtbare Ausdruck der Corollenbildung sind. Weiter aber schreitet die Bildung in dieser Wachsthumsrichtung vorerst nicht merklich fort, oder sie wird aufgenommen und dadurch verdeckt von den darauf folgenden Veränderungen. Es erheben sich jetzt, nachdem

inzwischen die Dimensionen aller Theile gleichmässig etwas grösser geworden sind, gerade über den Ecken fünf im Umfange runde Hügel, welche nach ihrer etwas ungleichen Grösse bei ihrem ersten Erscheinen zu urtheilen, successiv in $\frac{2}{5}$ Divergenz auftreten (Fig. 30). Ihre Wachsthumsrichtung geht mehr aufwärts, wie aus dem Längsschnitte Fig. 31, welche die erste Spur der Erhebung dieser Hügel, und Fig. 32, welche einen etwas späteren Zustand darstellt, ersichtlich ist. Es sind diejenigen Bildungen, welche auch Pfeffer für die Primordien der Stamina erklärt. Durch ihr Erscheinen wird die Fünfeckigkeit des Blüthenkörpers zu fast fünflappiger Gestalt gesteigert, wie dies auch Pfeffer andeutet. Solange als die Staminahöcker noch eine unbedeutende Grösse haben, setzt sich ihre äussere Böschung fast ohne bemerkbare Grenze in diejenige der unmittelbar unter ihr liegenden Ecke des Blüthenbodens fort, wie dies bei der Lage der Theile nicht anders möglich ist. Auf verticalen Längsschnitten, welche ungefähr durch die Medianen dieser beiden superponirten Bildungen gehen, erscheinen daher in dieser Periode beide in Eins verflossen oder sie sind nur sehr undeutlich von einander zu unterscheiden. In Folge der in ihren ersten Stadien ausserordentlich trägen Entwickelung der Corolle und bei der superponirten Stellung des Andröceums wird also die Anlage des Petalum während einer gewissen Zeitdauer in den entstehenden Stamenhöcker mit aufgenommen. Aber nicht lange nachher differenziren sich beide wieder; die Wachsthumsrichtung des Blumenblattes setzt sich in der bisherigen Weise weiter fort, während diejenige des Stamen nach wie vor aufwärts geht. So treten beide im Längsschnitte immer deutlicher von einander gesondert auf, indem die Oberflächenlinie, die sie an der Aussenseite begrenzt, einen immer stärkeren Einschnitt zwischen beiden zeigt (Fig. 33). Am ältesten Stamen a, der Flächenansicht Fig. 31 ist dieser Zustand bereits schwach eingetreten. Zugleich haben sich nun auch die seitlich an die bisherigen Primordien der Kronenblätter angrenzenden Theile in der gleichen Wachsthumsrichtung hervorgeschoben, und die Blumenblattanlage erscheint somit als eine tangential etwas verbreiterte Wulst. Bald treten nun auch die Zwischenräume als niedere Wülste hervor und verbinden die Kronenprimordien zur Corollenröhre (Fig. 34). Somit machen sich Petala und Stamina als gesonderte Bildungen geltend, sowohl weil beide mit getrennter Grundfläche der Achse aufsitzen, als auch weil eine jede schon im Anfange ihre eigene von der anderen

verschiedene Wachsthumsrichtung einschlägt. Die Bildungen, welche wir als erste Anlagen der Petala ansehen müssen, erscheinen aber früher als das Andröceum, und somit besteht auch hier nur die gewöhnliche acropetale Succession der Blattkreise. Die superponirte Stellung beider Kreise wird dann erklärt durch die zwischen beide fallende und mit ihnen alternirende innere Corolle, welche bei verwandten Gattungen wirklich vorhanden, bei einigen Primulaceen wenigstens durch die Staminodien angedeutet ist, die auch Pfeffer entwickelungsgeschichtlich als selbständige Blattbildungen nachgewiesen hat, obgleich sie sich bei weiterer Entwickelung ebenso mit der Corollenröhre verbinden, wie bei vielen Primulaceen das Andröceum.

Das Vorstehende hat gezeigt, dass die Petala in ihrer Selbstständigkeit nur desshalb Anfangs nicht so bestimmt wie andere Blätter hervortreten, weil sie in die über ihnen stehenden und rasch auf sie folgenden Staminahöcker mit hineingezogen werden, so dass sie eine Zeitlang mit diesen einen einzigen Höcker zu bilden scheinen. Denken wir uns aber die Stamina alternirend mit ihnen, so werden die Petala jederzeit sich als besondere Erhebungen der Achsenoberfläche kennzeichnen, welche durch das Auftreten der Stamina nicht verwischt werden. In der That kann man auch bei anderen Gamopetalen, wo beide Kreise alterniren, das erste Auftreten der Corolle in der gleichen Form beobachten wie es soeben für Lysimachia vulgaris dargestellt wurde, nur wird man eben hier aus dem angeführten Grunde von Anfang an nie über die Bedeutung dieser Bildungen als Kronenprimordien in Zweifel gerathen können. Ich führe in dieser Beziehung Convolvulus arvensis an. Nachdem die Sepala schon eine beträchtliche Entwickelung angenommen haben, wobei sie in ihrer Succession nach $\frac{2}{5}$ Divergenz ungewöhnlich starke Grössenabstufungen zeigen, bekommt die Blüthenachse 5 anscheinend auf gleicher Höhe ihres Umfanges liegende stumpfe Ecken, welche vor die Zwischenräume der Sepala fallen (Fig. 35). Ihre Erscheinung ist genau die gleiche wie an der Blüthenachse von Lysimachia vulgaris. Ueber dieser Zone aber treten alsbald alternirend mit den Ecken Hügel von rundem Umfange auf, und zwar, wie aus ihrer relativen Grösse geschlossen werden kann, successiv in $\frac{2}{5}$ Divergenz (Fig. 36, a_1 bis a_5). In der That schieben sich späterhin jene Ecken weiter vor und verbinden ihre Zwischenräume zur Bildung der Corollenröhre, sie

sind die Anfänge der Petala, während die über ihnen stehenden 5 Höcker das Andröceum darstellen.

Grosse Aehnlichkeit mit diesen Verhältnissen zeigt auch bei den oben behandelten Polypetalen, deren äusserer Stamenkreis den Petalis superponirt ist, das erste Erscheinen der Corolle, indem letztere anfänglich ebenfalls eine Zeit lang in Form kleiner seitlicher Prominenzen der Achse verharrt, indess die Staminahöcker über ihnen mächtig hervorgeschoben werden und sie wenn auch nicht gerade in sich aufnehmen, aber doch der Beobachtung vom Scheitel aus derart verdecken, dass sie früheren Beobachtern entgangen sind. Die Aeusserung Duchartre's, dass die Corolle im Allgemeinen vor dem Andröceum zu entstehen scheine, wenn sie mit ihm alternirt, dagegen später oder gleichzeitig, wenn sie ihm opponirt ist, findet durch diese Betrachtungen ihre Erledigung. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass das sehr verbreitete Vorauseilen des Andröceums und wohl auch des Gynäceums vor der Corolle, nicht in der Anlage, sondern in der Entwickelung, mit Anpassungsverhältnissen zusammenhängt. Die Corolle, welcher im Allgemeinen eine rasch vorübergehende Existenz bestimmt ist und die darum auch nur eine leichte Ausbildung erhält, kann ohne Schaden zu Gunsten anderer schwierigerer und langwierigerer Bildungen in ihrer Entwickelung verzögert werden. In dieser Hinsicht sind solche Corollen lehrreich, welche wie die von Ampelopsis an Stelle des Kelches den Schutz der inneren Blüthentheile übernehmen, wo, wie Pfeffer (l. c.) beobachtete, die Petala viel rascher als die Stamina wachsen. Für die allgemeine Morphologie ist es aber von besonderem Interesse, die acropetale Succession von Blattkreisen selbst in solchen Fällen gewahrt zu sehen, wo die Anpassungsverhältnisse die umgekehrte Aufeinanderfolge sehr wohl angezeigt erscheinen lassen würden. Und gerade darin dürfen wir eine sehr tiefe Begründung des morphologischen Gesetzes der acropetalen Succession erblicken, von welchem eine Abweichung gewiss nur in den seltensten Fällen zu erwarten sein dürfte.

Das vereinigte Hervortreten mehrerer selbständiger Seitenorgane einer Achse in Form einer einzigen Masse, die sich erst später in dieselben differenzirt, berührt ohnstreitig die Grundprincipien der morphologischen Methode auf das Innigste. Wenn eine von bestimmten Umrissen begrenzte einfache Bildung an der Oberfläche des Vegetationspunktes einer Achse nicht nothwendig als Aequivalent eines einzigen neuen Organes betrachtet werden

darf, so schwindet für die Beobachtung auch das letzte Kriterium der morphologischen Diagnostik, welches mit allgemeiner Anerkennung gleichsam wie ein Axiom gehandhabt zu werden pflegt. Und doch hat jener Satz, dass ein einfacher Höcker oder eine einfache Wulst an der Oberfläche einer jungen Achse stets einem einzigen Blatte entspricht, schon lange aufgehört, allgemeine Gültigkeit zu haben. So besonders in den vielen Fällen, wo das Gynäceum in Form einer gleichzeitig erscheinenden und continuirlichen, gleichmässigen Ringwulst auftritt, in welcher wir sowohl hinsichtlich ihres späteren Verhaltens nach Analogie mit anderen Gynäceen, als auch nach Vergleichung mit verwandten Pflanzen eine Mehrzahl anfänglich nicht differenzirter Blätter erkennen müssen. Wenn wegen Raummangels bei sehr genäherter Stellung und wegen rascher Entwickelung der zusammenhängenden Basen die auf einer und derselben Zone einer Achse nebeneinanderstehenden Glieder anfänglich nicht gesondert auftreten, so ist die Möglichkeit, dass Gleiches auch zweien sehr nahe und genau übereinander stehenden Blättern verschiedener Kreise widerfahren kann, a priori nicht auszuschliessen. In diesem Sinne hat sich für den hier einschlagenden Fall der Primulaceen auch Köhne[1]) geäussert, indem er meint, dass die für die Staubblattanlagen angesprochenen zuerst auftretenden Höcker sehr wohl auch die anfänglich zur Unkenntlichkeit verschmolzenen Anlagen der Staubblätter und der Blumenkronzipfel sein könnten. Freilich liesse sich dem die Behauptung entgegenstellen, dass Blätter auf verschiedenen Höhen einer Achse niemals als gemeinsame Primordien erscheinen können, dass eben das vereinigte Auftreten später differenter derartiger Bildungen als das Kriterium dafür gelten müsse, dass es nur Auszweigungen eines einzigen Blattes seien. Allein ich glaube schon oben den Nachweis geliefert zu haben, dass bei den Eigenthümlichkeiten der Entwickelung der Corolle und des Andröceums bei den Gamopetalen sobald beide Kreise einander superponirt sind, es überhaupt nicht anders möglich ist, als dass das Petalum eine Zeitlang mit dem darüberstehenden Staminahöcker eine einzige Erhebung an der Achse bildet. Noch unzweifelhafter aber wird das in Rede stehende Verhältniss da, wo es Sprossungen verschiedener Ordnung betrifft, über deren morphologische Bedeutung kein Zweifel herrscht, z. B. wenn das Tragblatt sich erst

1) Bemerkungen über die Gattung Cuphea. Bot. Zeitg. 1873. p. 135.

aus dem Höcker des Achselsprosses herausarbeitet. Als einen solchen Fall führe ich die Spreublätter und die in ihren Achseln stehenden Blüthen des Köpfchens von Hypochaeris radicata L. an. Die Blüthen treten hier bestimmt früher auf als die Paleae, in deren Achsel sie stehen; jedoch auch wiederum nur scheinbar, denn der Höcker, welcher als erste Anlage auf der Achse der Inflorescenz erscheint, gehört beiden zugleich an. Von der Oberfläche betrachtet erweisen sich die Blüthenanlagen als im Umfange runde Höcker, welche sich mit ihren Rändern an den Seiten, sowie oben und unten nahezu berühren. Die jüngsten sind in der That von kreisrunder Grundfläche; an etwas älteren ist dann die basipetale Böschung in etwas stärkerer Krümmung vorgetreten (Fig. 37). Diese Partie stellt die erste Anlage der Palea dar; sie nimmt in einem etwas späteren Stadium die Form einer schwachen halbmondfömigen Wulst an, die in der Mediane des Höckers am breitesten ist und beiderseits mit ihren Rändern in die Seiten des Höckers verfliesst. Noch deutlicher aber erkennt man auf dem Längsschnitte durch junge Blüthenköpfchen, dass sich das Spreublatt erst aus einem grösseren Höcker, dessen Haupttheil zur Blüthenanlage wird, herausarbeitet. Fig. 38 zeigt ein Stück eines solchen Durchschnittes, s ist der Scheitel des Inflorescenzachse, a, b, c drei in verschiedenen Höhen stehende Blüthenanlagen; dieselben liegen nicht genau in einer optischen Ebene, die Zeichnung ist durch verschiedene Einstellungen des Mikroskopes gewonnen. Die jüngste Anlage a ist noch ein einfacher Höcker, dessen Oberfläche eine parabolische Linie ist, und zwar liegt sein höchster Punkt seinem oberen Rande näher, nach unten hat er eine allmählicher abfallende Böschung, aber dieselbe reicht mit ihrem unteren Rande bis an die zunächst darunter stehende Blüthenanlage. Verbinden wir den oberen mit dem unteren Rande durch eine gerade Linie, wie sie in der Figur angedeutet ist, so stellt die letztere ungefähr die anfängliche Oberfläche der Achse dar, das ausserhalb derselben liegende ist der über sie herorgetretene Höcker. Vergleichen wir damit die nächst untere ältere Blüthenanlage b, so reicht dieselbe ebenfalls von der oberen bis zur darunterstehenden Blüthe und eine ebensolche Linie grenzt hier die der vorigen äquivalente Bildung von der Achse ab. Wir erkennen, dass hier aus dem einfachen Höcker zwei geworden sind, indem der dem höchsten Punkte jenes jugendlichen Höckers entsprechende Theil zur eigentlichen Blüthenanlage angeschwollen ist, während auf der abwärtsgerichteten Böschung

eine besondere Protuberanz als Anlage der Palea sich erhoben hat. Fig. 39 stellt bei a ein Stadium dar, wo der primäre Höcker noch ungefähr die anfängliche parabolische Umrisslinie zeigt, aber doch schon an seiner nach unten fallenden Böschung die Andeutung einer neuen Wachsthumsrichtung sich kundgiebt. Spätere Stadien, wie sie in Fig. 40 abgebildet sind, zeigen die bereits bestimmte Form annehmende Blüthenanlage b schärfer von dem Spreublatte p differenzirt[1]). Dass die Paleae der Kompositen Blätter an der Achse der Inflorescenz, die Blüthen aber die axillären Sprosse derselben sind, steht ausser allem Zweifel. Auch gehört die Grundfläche, auf welcher die Palea sitzt, nicht der Blüthenanlage, sondern der Inflorescenzachse an; die Einbuchtung, welche auf dem Rücken des parabolischen Höckers sichtbar wird und Blüthe und Spreublatt differenzirt, ist zugleich die Grenze beider Bildungen. Die Letzteren erscheinen also, obgleich sie räumlich geschieden auf besonderen Stellen der Achsenoberfläche stehen, dennoch gleichzeitig und zu einem einzigen Höcker verbunden. Auch in den ersten Zelltheilungen des Urmeristems, welche die Höckerbildung einleiten, ist nur eine Beziehung zu dem ganzen aus beiden Anlagen combinirten Höcker zu finden. Das Dermatogen umspannt gleichmässig die ganze junge Inflorescenzachse, unter ihm sind oberhalb der ersten Anlagen von Seitenorganen parallele Schichten von Periblem deutlich nachweisbar. An den Stellen, wo eben eine Höckerbildung im Werke ist (Fig. 41 bei a), beginnt eine Vervielfältigung dieser Schichten durch Theilung der Periblemzellen mittelst Scheidewänden, die in verschiedenen Richtungen liegen, während an jüngeren Stellen der Achse im Periblem nur Scheidewände, welche rechtwinklig zur Oberfläche stehen, gebildet werden. Es betrifft dies vorwiegend bald die Zellen der ersten, bald die der zweiten Periblemschicht. Das Periderm wird in der bekannten Weise von dem sich ausdehnenden Periblem emporgehoben, indem es nur radiale Zelltheilungen erleidet. Die zur Höckerbildung führende Allwärtstheilung der Zellen des Periblems beginnt in derselben Ausdehnung, in welcher sich die Achsenoberfläche zum Höcker erhebt, die beiden verschmolzenen Bildungen sind auch in diesen ersten Processen nicht geschieden.

Obgleich die vorstehenden Untersuchungen sich nicht auf alle die von verschiedenen Botanikern namhaft gemachten zahlreichen

---

1) Vergl. ähnliche Angaben bei Köhne, Blüthenentwickelung bei den Kompositen. Berlin 1869, p. 15 ff.

Fälle beziehen, in denen eine Einschaltung von Blattkreisen unterhalb schon angelegter angenommen oder vermuthet wird, so haben sie doch wenigstens an den vorzugsweise hier in Betracht kommenden Blüthen dem alten Gesetze der acropetalen Succession wieder zu Rechte verholfen, und die Vermuthung gewinnt an Wahrscheinlichkeit, dass vielleicht auch manche der übrigen Fälle sich durch ein ungewöhnliches Zurückbleiben der Entwickelung vorhandener Anlagen oder durch eine Verschmelzung derselben mit superponirten Bildungen bei der ersten Entstehung erklären lassen werden. Wo aber doch eine solche täuschende Erscheinung nicht obwalten, sondern wirklich ein späteres Auftreten eines tieferen Blattkreises unzweifelhaft vorliegen sollte, da wird durch die vorstehenden Untersuchungen eine wahre Erklärung einer solchen Erscheinung ermöglicht. Wir hätten in diesem Falle keinen Grund eine wirkliche Abweichung von der gewöhnlichen Entstehungsfolge anzunehmen, sondern dürften darin nur eine Verspätigung des Hervortretens der Bildung in äusserlich sichtbarer Form erkennen. Denn von einem Zurückbleiben der ersten Anlage auf einem äusserlich wenig markirten Zustande ist nur ein kleiner Schritt bis zu dem für die Beobachtung überhaupt noch nicht erkennbaren Anfange einer morphologischen Bildung. Dass in der That etwas Reales darin liegt, wenn wir von einer noch latenten Bildung sprechen, geht schon aus der Erwägung hervor, dass das stärkere Flächenwachsthum der radialen Zellwände der äusseren Periblemschichten, worauf unmittelbar der Effect des ersten Hervortretens einer Erhebung der Achsenoberfläche beruht, jedenfalls nicht der erste Akt der Neubildung ist; es müssen einleitende, der Beobachtung entzogen bleibende nicht morphologische Processe stattfinden, sei es eine stärkere Zufuhr von plastischen Stoffen nach den betreffenden Zellen, sei es diejenige molekulare Veränderung der genannten Zellmembranen, welche ihnen die Fähigkeit einer reichlicheren Einlagerung von Zellstoffmolekülen in Richtung ihrer Fläche ertheilt. Aber auch dass bei dem Vorauseilen höher inserirter Blätter doch der Ort für die Nachzügler reservirt bleibt, muss in diesem Sinne bedeutungsvoll erscheinen. Das von Hofmeister so vielfach begründete Gesetz, dass der Ort der jüngsten Blattanlagen eines Achsenscheitels durch die Anordnung der vorhergehenden tiefer stehenden Bildungen bestimmt wird, muss seine Consequenzen auch in diesen Fällen geltend machen.

Leipzig, im December 1874.

Erklärung der Abbildungen.

(Die in Klammern beigefügte Zahl giebt die Vergrösserung an.)

Fig. 1—3. Medicago sativa.

Fig. 1 (95). Junge Blüthenanlage. b das Deckblatt, s_1 das vordere, s_2 ein seitliches Kelchblatt, a das median vornstehende Staubblatt.

Fig. 2 (95). Ein späterer Entwickelungszustand einer Blüthe. s_1 das vordere, $s_2 s_2$ die beiden seitlichen, s_3 eins der beiden hinteren Kelchblätter. a_1 das vordere, $a_2 a_2$ die beiden seitlichen, a_3 eins der beiden hinteren Staubblätter, p p Anlagen der Petala, c Anfang des Carpells.

Fig. 3 (95). Ein noch späterer Entwickelungszustand einer von der hinteren Seite gesehenen Blüthe. Bezeichnungen wie in Fig. 2. v Anlage des Vexillum.

Fig. 4—5. Trifolium pratense.

Fig. 4 (95). Anlage einer Blüthe. s_1 s_2 vorderes und seitliches Kelchblatt, a_1 median vorderes, a_2 seitliches Staubblatt, p Anlage eines der beiden vordern Blumenblätter. c Anfang der Carpellbildung.

Fig. 5 (95). Ein späterer Entwickelungszustand. s_1, s_2, s_3 vorderes, seitliche und hintere Kelchblätter; a_1, a_2, a_3 Stamina des äusseren Kreises; p_1, p_2, p_3 combinirte, sich differenzirende Anlagen der Petala und der Stamina des inneren Kreises; c Carpell.

Fig. 6—11. Vicia Cracca.

Fig. 6 (95). Eine junge Blüthe, an welcher erst das vordere s_1 und die beiden seitlichen Sepala s_2 s_2, das median vornstehende Staubblatt a und das Carpell c angelegt sind.

Fig. 7 (95). Medianer Längsdurchschnitt durch eine Blüthe in demselben Entwickelungszustande. Bezeichnung dieselbe.

Fig. 8 (95). Eine weiter entwickelte Blüthe von der hinteren Seite gesehen. s_1, s_2, s_3 vorderes, seitliche und hintere Sepala, a a a a Stamina des äusseren Kreises, p p combinirte Anlagen der Alae und der ihnen superponirten Stamina des inneren Kreises, v Vexillum, c Carpell.

Fig. 9 (95). Medianer Längsdurchschnitt durch eine Blüthe eines ebensolchen Entwickelungszustandes. Bezeichnung dieselbe.

Fig. 10 (95). Eine Blüthe eines ähnlichen Entwickelungszustandes, von der Seite gesehen. Bezeichnung dieselbe.

Fig. 11 (95). Eine weiter entwickelte Blüthe, von der hinteren Seite gesehen, nach Entfernung des Kelches. p p die Alae, v das Vexillum, a a a a Stamina des äusseren, ai ai des inneren Kreises, av Stamen vexillare, c Carpell.

Fig. 12—14. Lupinus elegans.

Fig. 12 (95). Stück eines Längsschnittes durch eine junge Traube, mit einer median halbirten Blüthe. b b Deckblätter, s_1 das vordere Kelchblatt, a das vordere Stamen des äusseren Kreises.

Fig. 13 (95). Eine etwas weiter entwickelte Blüthe im medianen Längsschnitt. Bezeichnung dieselbe, c Carpell.

Fig. 14 (95). Eine noch weiter entwickelte Blüthe, von oben gesehen. s_1, s_2, s_3 vorderes, seitliche, hintere Sepala. p p p p Anlagen der Carinalblumenblätter und der Alae. v Vexillum. a a a a a Stamina des äusseren, ai zwei vorhandene Stamina des inneren Kreises. c Carpell.

Fig. 15—18. Oxalis stricta.

Fig. 15 (95). Eine junge Blüthe, an welcher einige Zeit nach Anlegung der Kelchblätter, die in s_1 bis s_5 schematisch angedeutet sind, die ersten weiteren Höckerbildungen alternirend mit den Kelchblättern sichtbar werden, wodurch die Blüthenachse schwach fünfeckige Gestalt annimmt.

Fig. 16 (200). Eine der Ecken der Blüthenachse von Fig. 15 zeigt wegen der Transparenz des Gewebes bei tieferer Einstellung bei p den unter dem Höcker schon vorhandenen Blumenblatthöcker; jener ist die Anlage eines äusseren Stamen.

Fig. 17 (95). Stück einer etwas weiter entwickelten Blüthe, von der unteren Seite gesehen; bei s s ein Kelchblatt und die Ansatzstelle eines weggenommenen Kelchblattes. a a zwei Staubblätter des äusseren Kreises, unterhalb deren die kleinen konischen Höcker der Blumenblätter p p sichtbar sind.

Fig. 18 (95). Eine Blüthe von gleichem Entwickelungszustande, von der Seite gesehen nach Entfernung eines Kelchblattes; s s die beiden nächsten Kelchblätter, ae ae ae Staubgefässe des äusseren Kreises, an ihrem Grunde die Anlage des Blumenblattes p p; ai ai Staubblätter des inneren Kreises. c Gynäceum.

Fig. 19—22. Geranium sanguineum.

Fig. 19 (95). Eine der Länge nach halbirte junge Blüthe, in welcher an der einem Blumenblatte entsprechenden Stelle p die erste Veränderung der Oberfläche der Blüthenachse bemerkbar wird.

Fig. 20 (95). Stück einer oberhalb des Kelches abgetrennten Blüthenachse, an welcher die Anlagen der Staubgefässe beider Kreise vorhanden sind, in etwas schiefer Lage, wobei die unter den äusseren Staubgefässen a a a bereits vorhandenen Blumenblatthöcker p p p sichtbar werden.

Fig. 21 (95). Stück einer Blüthe in umgewandter Lage, um die nach Abtrennung eines der Kelchblätter s s sichtbar werdenden Anlagen der Blumenblätter p p unterhalb der äusseren Staubgefässe a a zu zeigen.

Fig. 22 (60). Eine weiter entwickelte Blüthe von oben gesehen, in deren Centrum der Scheitel der Blüthenachse bereits das Gynäceum zu entwickeln beginnt, während die Blumenblätter in dieser Lage noch nicht sichtbar sind. Die Grössendifferenz zwischen den äusseren und den inneren Staubgefässen ist bereits merklich geworden. s Kelchblätter.

Fig. 23—27. Malva crispa.

Fig. 23 (95). Eine oberhalb des Kelches abgetrennte junge Blüthenachse, von oben gesehen. Die 5 Ecken entsprechen den künftigen Blumenblättern; über denselben sind Paare von Staubgefässe angelegt.

Fig. 24 (95). Derselbe Entwickelungszustand im Längsschnitte. sss Kelchblätter.

Fig. 25 (95). Ein späterer Entwickelungszustand, in welchem die Staubgefässpaare grösser geworden sind, und unter ihnen die Blumenblattanlagen deutlicher sich ausgeprägt haben. Auf der ringförmigen Zone des Blüthenbodens, welche diese Bildungen verbindet, ist bereits eine schwache Wulst hervorgetreten, die Anlage der Röhre des Andröceums.

Fig. 26 (60). Längsschnitt durch eine weiter entwickelte Blüthe. s s der Kelch von sehr vorgerückter Ausbildung. a die Röhre der Staubgefässe; auf derselben sind die paarigen Antheren zu sehen, deren jede durch eine Einkerbung sich in zwei Antherenfächer differenzirt. Am Grunde der Staubgefässröhre die in ihrer Ausbildung noch nicht weiter fortgeschrittenen Blumenblätter p. Im Centrum der Blüthe die erste Anlage des Gynäceums als ein continuirlicher Ringwulst c.

Fig. 27 (60). Die über dem Andröceum abgetrennte Blüthenachse von oben gesehen, mit der Anlage des Gynäceums (vergl. d. Text).

Fig. 28—34. Lysimachia vulgaris.

Fig. 28 (120). Eine junge Blüthe, deren 5 Kelchblätter eine fünfeckige Blüthenachse umgeben, deren 5 Ecken den Anfang der Blumenblattbildung bezeichnen.

Fig. 29 (120). Längsschnitt durch eine Blüthe von ungefähr dem gleichen Entwickelungszustande, um die gleichmässige, abgeflachte Gestalt der Blüthenachse zwischen den Kelchblättern zu zeigen.

Fig. 30 (120). Ein weiter vorgerückter Zustand, in welchem über den Ecken des Blüthenbodens die Stamina angelegt sind, die auf ihrem Rücken mit den Ecken in einen einzigen Höcker verschmolzen sind; nur unter dem ältesten Stamen a_1 hat sich das Petalum als eine besondere Wulst p zu differenziren begonnen.

Fig. 31 (120). Längsschnitt durch eine Blüthe, in welcher die zwischen den Kelchblättern s s s stehende Blüthenachse den ersten Anfang der Entwickelung der Staubgefässe zeigt, indem ihre Oberfläche uneben zu werden beginnt.

Fig. 32 (120). Längsschnitt durch eine etwas weiter entwickelte Blüthe, an deren zwischen den Kelchblättern s s s befindlichen Blüthenachse die Höcker, welche zu den Staubgefässen werden, sich etwas mehr ausgeprägt haben.

Fig. 33 (120). Stück eines Längsschnittes durch eine abermals ältere Blüthe. Die Höcker für das Staubgefäss a und das Blumenblatt p haben sich deutlich differenzirt.

Fig. 34 (120). Der innere Theil der Blüthe mit den 5 Staubgefässanlagen und den deutlich ausgeprägten Blumenblattanlagen, die sich untereinander bereits zur Corollenröhre verbinden.

Fig. 35—36. Convolvulus arvensis.

Fig. 35 (95). Eine junge Blüthe mit den 5 in ihrer Grösse abgestuften Kelchblättern und mit dem ersten Anfange der Blumenblattbildung, welcher in einem Fünfeckigwerden der Blüthenachse besteht.

Fig. 36 (95). Eine weiter entwickelte Blüthe mit den 5 Kelchblättern, den 5 deutlicher in Form von Höckern vorgetretenen Ecken der Blüthenachse, welche zu den Blumenblättern werden, und den 5 Staubgefässhöckern, welche ihrem successiven Auftreten entsprechende Grössenabstufungen von a_1 bis a_5 zeigen.

Fig. 37—41. Hypochaeris radicata.

Fig. 37 (120). Oberflächenansicht eines Theiles einer jungen Inflorescenzachse, auf welcher die ersten Blüthenanlagen als im Umrisse runde Höcker auftreten, aus deren basiskopem Rande sich erst nachträglich der zur Palea werdende Wulst herausarbeitet.

Fig. 38 (120). Längsschnitt durch eine junge Inflorescenzachse. s der Scheitel derselben. a, b, c übereinanderstehende verschieden alte Blüthenanlagen. Die jüngste a ist ein parabolischer Höcker, aus dessen basiskoper Böschung, wie der Zustand b zeigt, die Palea sich differenzirt.

Fig. 39 (120). Ein anderer Längsschnitt, dessen erste unterhalb des Scheitels s befindliche Blüthenanlage a auf ihrer unteren Böschung soeben die erste Spur des Hervortretens des Paleahöckers bemerken lässt.

Fig. 40 (120). Stück eines Längsschnittes durch ein Köpfchen mit weiter entwickelten Blüthen, wo die Palea p und die junge Blüthe f sich vollständig differenzirt haben.

Fig. 41 (200). Ein Längsschnitt durch eine Inflorescenzachse an dem Punkte des ersten Hervortretens einer Blüthenanlage. Dasselbe wird eingeleitet durch Zelltheilungen des Periblems, bei welchen von der radialen Richtung abweichend gestellte Scheidewände gebildet werden.

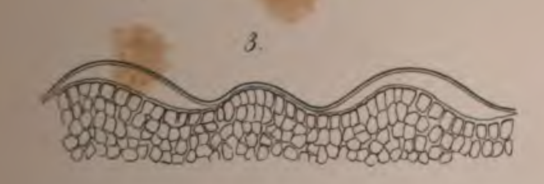








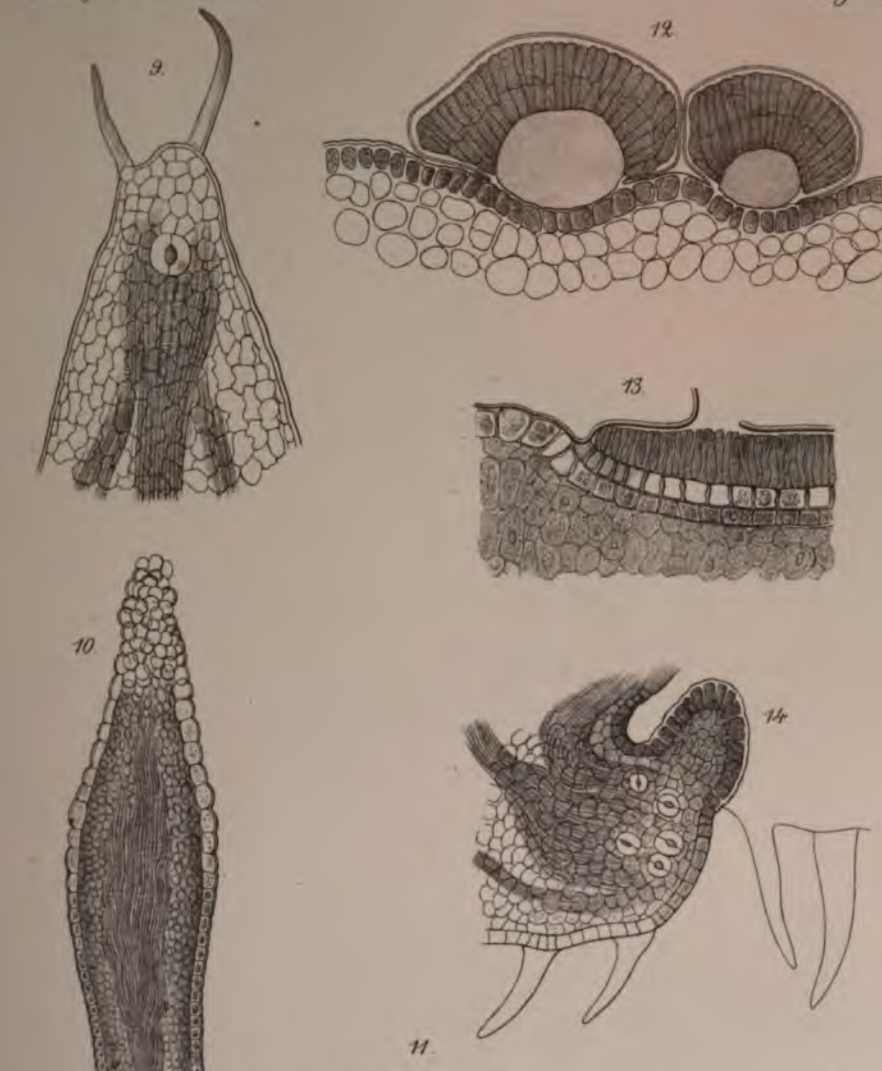






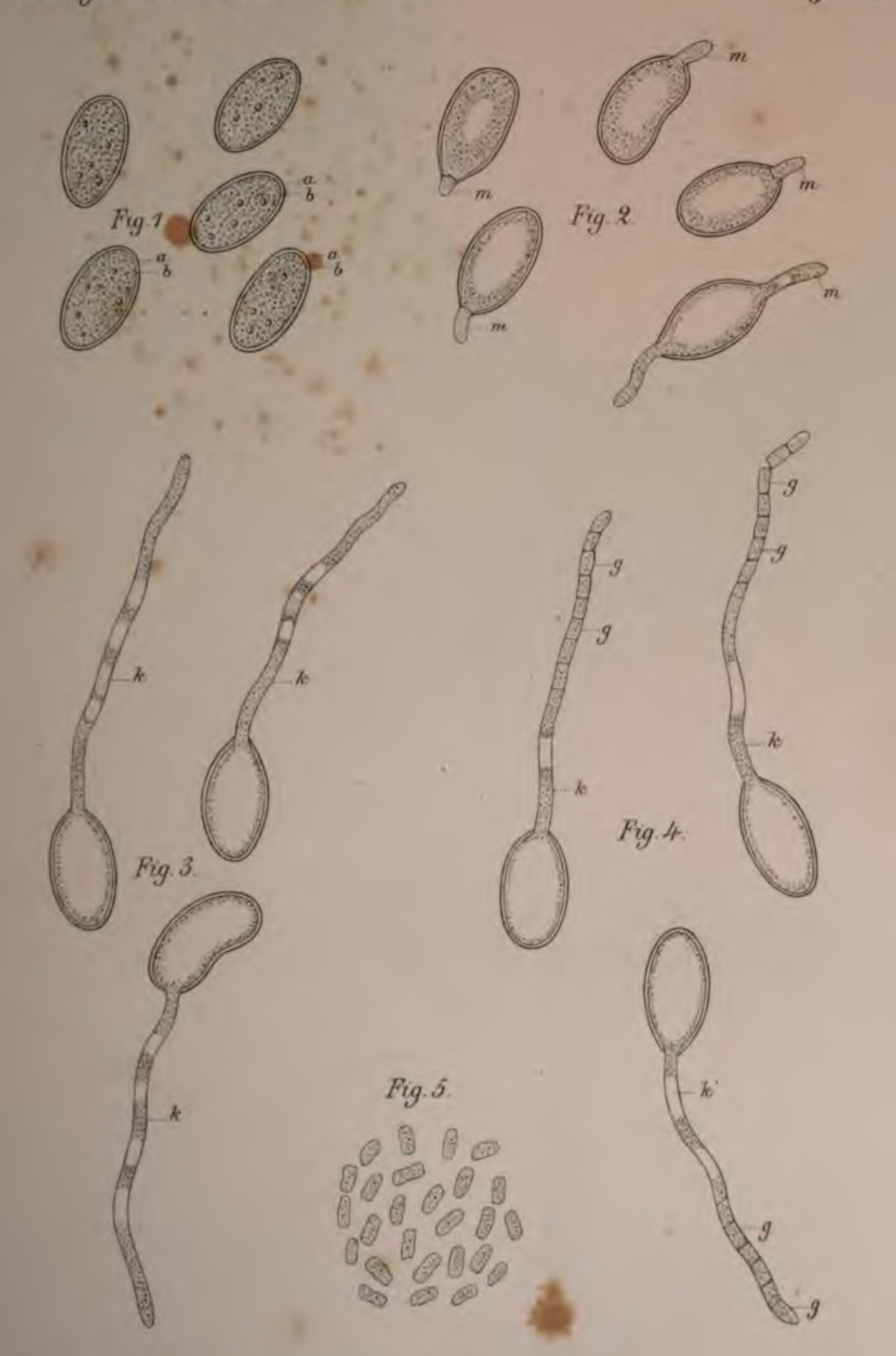


Reinke ad nat. del. Lith. von Laue



Reinke ad nat. del.

Lith. von Laue



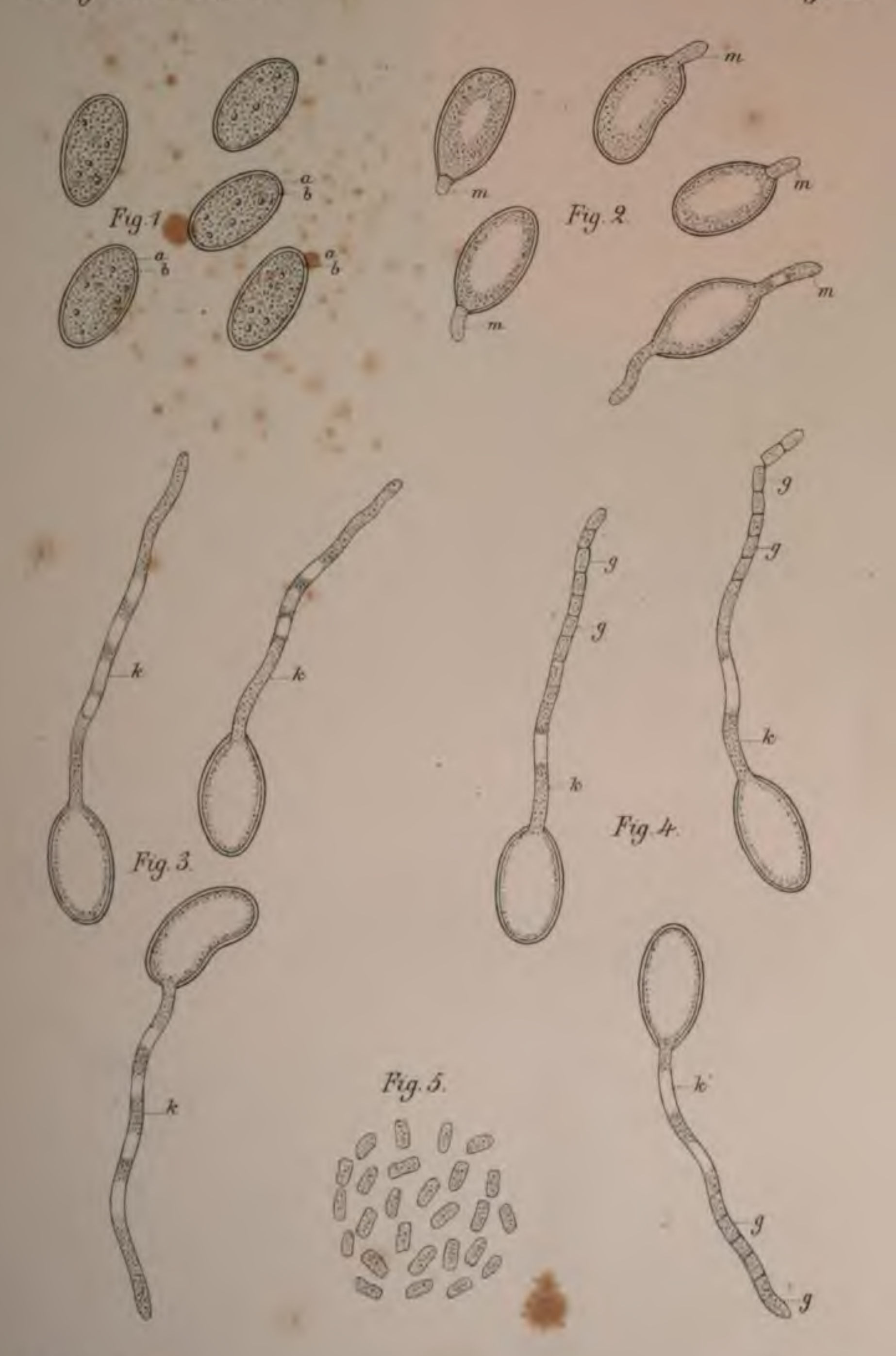
Hesse ad nat. del.

Lith. von Laue.



B. Frank ad nat. del.

Lith. von Laue

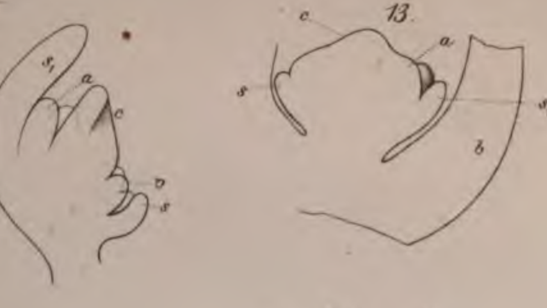


Hesse ad nat. del.

Lith. von Laue.











B. Frank ad nat. del.

Lith. von Laue



















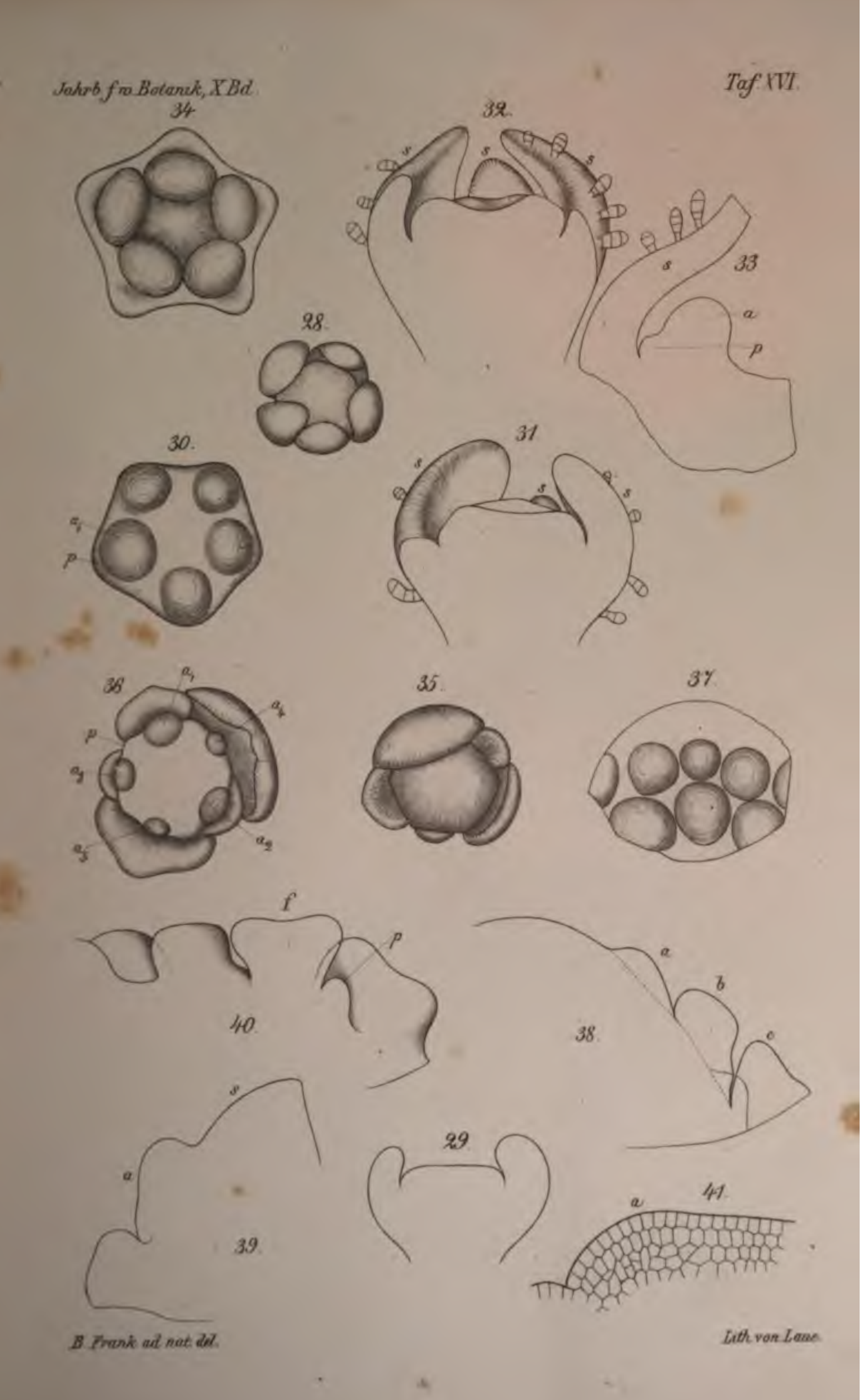








B. Frank ad nat. del. Lith. von Laue.


Jahrb. f. w. Botanik, X Bd.
Taf. XVI.
34.
32.
33
28.
30.
31
36
35.
37.
40.
38.
39.
29
41.
B. Frank ad nat. del.
Lith. von Laue.

Ueber die Gattung Sphaeromphale und Verwandte.

Ein Beitrag zur Anatomie der Krustenflechten

von

Dr. Georg Winter.

Bereits in der Flora[1]) habe ich einen Beitrag zur Anatomie einiger Krustenflechten publicirt, dem ich hiermit einen weiteren folgen lasse. Auch dieser ist zunächst veranlasst durch einige Bemerkungen Körber's in seiner kürzlich erschienenen Schrift gegen Schwendener's Theorie[2]), die ich wörtlich wiedergeben will. Er sagt von Sphaeromphale (l. c. pag. 11): „Die Sphaeromphale-Arten und verwandte Flechten enthalten nur braungrünliche Microgonidien;" ferner heisst es pag. 27: „Es giebt nämlich Lichenen, deren Sporen keine Hyphen, sondern gonimische Elemente erzeugen und aus sich heraustreten lassen. Ich kann dies auf das Bestimmteste zunächst von den mauerförmigen Sporen sämmtlicher Sphaeromphale-Arten behaupten. Zwar habe ich auch hier nicht etwa das spontane Platzen der Sporenmembran und das spontane Heraustreten der in der Spore enthaltenen Sporoblasten, die eben hier nichts Anderes sind als die schon mehrfach besprochenen braungrünen Microgonidien (Leptogonidien), sehen können, wohl aber ist durch einen Druck des Deckgläschens auf eine reife Spore ein Platzen derselben leicht zu bewirken und das von mir Behauptete leicht zu constatiren. Da nun die Gattung Sphaeromphale auch zu denjenigen Krustenflechten gehört, die in ihrem Thallus keine Hyphen zeigen, so dürfte meine Beobachtung ein Fingerzeig sein, vielleicht bei allen hyphenlosen Flechten eine derartige gonimische Sporenfortpflanzung zu vermuthen und dereinst auch zu constatiren."

1) Flora 1875. No. 9.

2) Körber, zur Abwehr der Schwendener-Bornet'schen Flechtentheorie.

Beide Behauptungen zu widerlegen, daneben aber auch einiges Neue kennen zu lehren und bereits Bekanntes zu bestätigen, ist die Aufgabe der im Folgenden mitgetheilten Untersuchungen.

Ich bespreche zuerst kurz den äusseren Bau von Sphaeromphale fissa (Tayl.) Körber, die ich in Original-Exemplaren Körber's untersuchen konnte und betrachte diese Exemplare als den Typus der ganzen, später zu besprechenden Formenreihe.

Sie sind auf Granit gewachsen, wie denn Sphaeromphale fissa fast stets auf granitischem Gestein bisher beobachtet wurde, entweder auf Granit selbst oder, wiewohl seltener auf Gneis. Nylander[1]) führt sie ebenfalls nur „ad saxa granitosa" an; erst in neuester Zeit wurde sie von Lojka auch auf Kalk und kalkreichem Thonschiefer in Ungarn aufgefunden. Der Thallus überzieht weite Flächen des Gesteins als eine dünne, glatte, entweder zusammenhängende oder rissige Kruste, von brauner Farbe; er ist oft schwach glänzend und erhält dann ein bronzefarbiges Aussehen. An denjenigen Stellen, wo Apothecien dem Thallus eingesenkt sind, erhebt er sich mehr oder weniger warzenförmig, und bedeckt dieselben bis auf den ansehnlichen Porus des Ostiolum's vollständig. Meist stehen die Früchte ziemlich dicht und gleichmässig über den ganzen Thallus vertheilt, untermischt mit Spermogonien, die ebenfalls dem Thallus völlig eingesenkt, eine nur geringe Auftreibung desselben bewirken, und ihre Mündung als kurze Papille über die Oberfläche desselben erheben. Je nachdem nun das Gestein auf seiner die Flechte tragenden Oberseite mehr oder minder geglättet oder verunebnet ist, zeigt auch der Thallus eine mehr glatte oder rissige, zuweilen selbst schollenartige Configuration.

Der anatomische Bau der eben ihrem Habitus nach geschilderten Flechte ist nun folgender:

Das Mycelium ist, der Beschaffenheit des Substrates einerseits, dem Bau des Thallus andrerseits entsprechend, nur wenig entwickelt; bei oberflächlicher Untersuchung scheint es sogar ganz zu fehlen. Dies mag die Ursache sein, dass Körber, bei jedenfalls sehr primitiver Untersuchungsmethode zu der Ansicht gelangen konnte, dass Sphaeromphale keine Hyphen besitze. Behandelt man jedoch kleine, dünne Gesteinssplitter mit der darauf sitzenden Flechte mit Flusssäure in der Weise, wie ich dies für Sarcogyne

1) Expositio synoptica Pyrenocarporum p. 21.

privigna angegeben habe [1]), so erhält man stets eine Anzahl Hyphen des Mycel's unversehrt, im Zusammenhange mit dem Thallus. Es ist leicht begreiflich, dass bei Sphaeromphale, wo ein weit verbreiteter Thallus vorhanden ist, die Verhältnisse bezüglich des Mycels anders liegen, als bei Sarcogyne, die keinen Thallus besitzt. So finden wir denn hier nicht dicke Hyphenbüschel, die in die Spalten des Gesteins eindringen, sondern nur vereinzelte zarte Fäden, die sehr leicht zerreissen und deren Zahl vielleicht nicht so gering ist, als es auch bei vorsichtigster Präparation den Anschein hat. Ueberdies muss ich bemerken, dass mir nur ältere Zustände der Flechte zu Gebote stehen, so dass die Möglichkeit nahe liegt, dass an jugendlichen Individuen die Masse der Hyphen eine grössere ist.[2]) Der Thallus selbst besteht durchweg aus Pseudoparenchym, das von ziemlich dickwandigen Zellen gebildet wird; diese zeigen im unteren Theile unregelmässig polyedrische Form, während sie nach oben zu öfters regelmässiger, fast rectangulär erscheinen, und oft eine gleichmässige Anordnung in Längsreihen erkennen lassen. Die obersten Zellschichten sind stark gebräunt, ebenso haben eine oder mehrere Zellschichten auf der Unterseite des Thallus eine mehr oder minder deutliche, meist jedoch heller-braune Färbung; ich bezeichne diese beiderseitige braune Zellpartie als Rinde. Eine ebensolche Bräunung zeigt die das Perithecium bedeckende Schicht des Thallus; doch ist es hier eine breitere Zelllage, die gebräunt ist, auch ist die Färbung selbst intensiver; von hier aus zieht sich in vielen Fällen ein Streifen brauner Zellen längs der Seitenwände des Peritheciums herab, der etwa in der Mitte des Thallus endet. Bei vielen Perithecien fehlt diese Partie gebräunter Zellen, der Thallus ist überall im Innern aus gleichmässig farblosen Zellen zusammengesetzt. In andern Fällen wieder ist die dem Perithecium überlagernde gebräunte Zellschicht des Thallus weniger mächtig, dagegen ist jene Partie brauner Zellen, die an den oberen Seitenwänden des Peritheciums hinzieht, dicker, ohne jedoch tiefer in das Innere herabzusteigen. Wir sehen also, dass selbst bei den verschiedenen Individuen ein und desselben Exemplars diese Verhältnisse variiren

---

1) Cfr.: Flora 1875, pag. 132.

2) Ich bemerke schon hier, dass sich die kalkbewohnenden (oben erwähnten) Lojka'schen Exemplare in Bezug auf die Hyphen des Thallus anders verhalten. Ich werde, um den Zusammenhang hier nicht zu unterbrechen, weiter unten einiges darüber sagen.

können, ein Umstand, der sich als wichtig für die Systematik dieser Flechtengruppe herausstellen wird.

Dem Pseudoparenchym des Thallus sind eine grosse Menge von Gonidien eingelagert, die im entwickelten Thallus nahezu gleichmässig vertheilt sind, so dass sich eine gonidienreichere Zone nicht unterscheiden lässt. Ich werde später nochmals auf die Gonidien zurückkommen, da sie gerade bei Sphaeromphale sehr interessante Verhältnisse zeigen. Im Voraus bemerke ich nur, dass ich die Körber'schen „braungrünlichen Microgonidien", die er Sphaeromphale und den verwandten Flechten zuschreibt, nicht aufzufinden vermochte. Die Perithecien von Sphaeromphale fissa sind, wie schon oben bemerkt, dem Thallus vollständig eingesenkt; sie sind kuglich, nach oben kaum merklich kegelförmig verjüngt. Ihre Wandung besteht aus einer peripherischen Schicht langgestreckter, sehr dickwandiger Zellen, mit äusserst schmalem Lumen, die unmittelbar mit dem Pseudoparenchym des Thallus zusammenhängen, so dass es nicht möglich ist, das Perithecium unverletzt aus dem Thallus herauszuheben. Nach dem Gipfel des Perithecium's hin werden diese Zellen allmählich kürzer, endlich rundlich-polyedrisch. Nach innen zu ist diese Schicht fast unvermittelt begrenzt von einer Partie polyedrischer, weniger dickwandiger Zellen, die ein grösseres Lumen besitzen. Jedoch beschränkt sich diese Zellmasse nur auf die Seitentheile des Perithecium's, sie nimmt nach dem Grunde desselben hin allmählig ab, und hört kurz oberhalb der Hymenial-Partie vollständig auf. An ihrem inneren Rande geht sie nach und nach in eine mehrfache Reihe sehr kleiner Zellchen über, die endlich in ihrer Form nicht mehr deutlich erkennbar sind und einer Masse von Periphysen den Ursprung geben. Letztere ragen in den Innenraum des Perithecium's hinein, und bekleiden das Ostiolum, den Porus desselben verschliessend. Erst bei der Reife der Sporen treten sie nach beiden Seiten hin auseinander und lassen für deren Austritt zwischen sich einen Canal entstehen. Die subhymeniale Schicht liegt der oben beschriebenen, auch die Basis des Perithecium's bildenden Zellschicht, die aus jenen langgestreckten, dickwandigen Zellen besteht, auf. Sie ist gebildet von einer Partie Zellen, die polyedrisch, wenig dickwandig sind, und zwischen denen sich zahlreiche Gonidien finden, die denen des Thallus gleich, nur blasser grün gefärbt sind.

Die Form der Asci und Sporen ist bekannt, ebenso, dass Paraphysen gänzlich fehlen. Zwischen den Schläuchen und im

Hohlraume des Perithecium's über ihnen, finden sich grosse Massen grüner oder blassgrüner sogenannter Hymenial-Gonidien, die ebenfalls weiter unten noch näher besprochen werden sollen.

Die Spermogonien besitzen keine besondere Hülle; es sind Hohlräume von verschiedener meist rundlicher oder eiförmiger Gestalt im Gewebe des Thallus, die sich mit einem Porus nach Aussen öffnen. Die Wandungen derselben werden von dem Pseudoparenchym des Thallus gebildet, das mitunter rings um den Hohlraum gebräunt ist. Die Zellen sind an der Innenseite des letzteren von etwas geringerer Grösse und sehr dickwandig, farblos oder schwach gebräunt. Der Innenraum des Spermogonium's ist von einer Anzahl unregelmässig verlaufender, oft gewundener, pseudoparenchymatischer Gewebsmassen durchzogen, die zwischen sich entsprechend geformte Gänge freilassen. Die innerste Zellschicht der Wandungen dieser Gänge trägt die Sterigmen, die kurz, fadenförmig sind und an ihrer Spitze die stäbchenförmigen Spermatien abschnüren. Auch die Spermogonien enthalten Gonidien in ihren Hohlräumen, die den Hymenial-Gonidien der Perithecien gleich sind. Dies ist der Bau jener oben erwähnten Körber'schen Exemplare von Sphaeromphale fissa.

Sehen wir uns nun in der systematischen Literatur der Lichenen um, so fällt sofort der Umstand in's Auge, dass bei einigen anderen Gattungen die Fructificationsorgane mit denen von Sphaeromphale fissa völlig identisch sind; jene sollen sich nur durch Merkmale unterscheiden, die theils von der Beschaffenheit des Thallus, theils von habituellen Eindrücken hergeleitet sind. Ebenso sind innerhalb der Gattung Sphaeromphale die verschiedenen Arten nur auf solche Merkmale gegründet. Bereits Körber[1]) spricht sich dahin aus, dass Sphaeromphale fissa und elegans wahrscheinlich zusammenfallen; Nylander[2]) vereinigt sie ohne Weiteres unter Verrucaria umbrina Whlnb.; ebenso zieht Garovaglio[3]) beide als Synonyme zu seiner Verr. fissa Tayl., und ausserdem noch die dritte Körber'sche Species: Sphaeromphale Hazslinszkyi. Weiter finden wir Andeutungen über eine andere Reihe verwandter Formen, die Körber als Stigmatomma zu einer besonderen Gattung erhebt; Arnold[4]) bemerkt

1) Systema Lichen. Germ. pag. 335.
2) Expositio synoptica Pyrenocarp. p. 21.
3) Tentamen Dispositionis methodicae Lichen. IV. pag. 151.
4) Lichenol. Ausflüge in Tirol. III. Rosskogel. (Verhandl. d. zool. bot. Ges. 1868, p. 956.)

bei Sphaeromphale fissa, dass eine anatomische Untersuchung des Stigmatomma cataleptum vielleicht eine generische Verwandtschaft desselben mit Sph. fissa ergeben würde. Füisting[1]) weist nach, dass Stigmatomma von Polyblastia nicht zu trennen sei. Von Stigmatomma sind nun vier Arten bekannt, doch bemerkt Körber[2]) selbst, dass sie schwer von einander zu unterscheiden, und möglicherweise nur Formen einer Species seien. Arnold (l. c. pag. 957) vereinigt sie in der That sämmtlich miteinander; Nylander (l. c.) bringt drei von ihnen, nämlich St. cataleptum, spadiceum und clopimum als Varietät zu seiner Verruc. umbrina; Garovaglio endlich zieht auch St. porphyreum ein und citirt alle vier als Synonyme seiner varietas rimoso-areolata von Verruc. fissa, während Hepp[3]) drei derselben schon ursprünglich als Formen einer Art ausgegeben und benannt hatte. Alle diese bisher generisch und specifisch getrennten Formen stimmen nun in anatomischer Hinsicht bis auf geringe Abweichungen so vollständig überein, dass sie sämmtlich vereinigt werden müssen. Ja noch mehr; ich bin nach meinen Untersuchungen genöthigt, noch eine weitere Gattung mit 5 Arten hierherzuziehen, die in den meisten Systemen bisher weit von Sphaeromphale entfernt war, nämlich Dermatocarpon mit den 5 Species D. Schaereri (Hepp), glomeruliferum Massal., pallidum Leight., pulvinatum Fries und Ambrosianum Massal.; letztere Species vereinigt bereits Garovaglio (l. c. pag. 153) mit seiner Verruc. fissa. Auch Nylander (l. c. pag. 20) deutet die nahe Verwandtschaft von Dermatocarpon Schaereri mit D. pallidum einerseits, mit Sphaeromphale fissa andererseits an, indem er zu Verrucaria Garovaglii (D. Schaereri) bemerkt: „Vis sit nisi varietas praecedentis," (nämlich Endocarpi pallidi Leight.), zu der forma incrustans Nyl. aber, derselben Art die Worte setzt: „Transit fere in sequentem, quae ejus sit quasi status laevigatior, saxicola;" dieses „sequentem" bezieht sich aber auf Verrucaria umbrina Whlnb. (= Sphaeromphale fissa!). Endlich gehört auch noch Polyblastia guestphalica Lahm, P. nigella Krempelhuber und P. rufa Mass. in den Formenkreis von Sphaeromphale. Erstere Art vereinigt bereits Garogvaglio (l. c. pag. 154), P. nigella Nylander (l. c. pag. 21) mit ihren Sphaeromphale fissa entsprechenden Arten;

---

1) Beiträge zur Entwickelungsgesch. d. Lichenen. (Botan. Zeitg. 1868, p. 677.)
2) Parerga lichenol. pag. 329.
3) Abbildg. u. Beschreib. der Sporen der Flechten Europa's No. 101. 102. 949.

während P. rufa von Garovaglio (l. c. pag. 155) als besondere Art beschrieben wird, obgleich er die Bemerkung beifügt: „A Verruc. fissa Tayl. . . . . diversam faciunt tum thalli fabrica cum apotheciorum forma et magnitudo. An satis et specifice?"

Wenn ich die im Vorstehenden namhaft gemachten Gattungen und Arten mit Sphaeromphale fissa vereinige, so stütze ich mich hierbei auf die genauesten, anatomischen Untersuchungen, die ich bei allen hierhergezogenen Flechten, mit Ausnahme von Dermatocarpon pallidum an Originalexemplaren [1]) ausführen konnte. Dieses untersuchte ich in Exemplaren von von Krempelhuber gesammelt, aus Rehm's Herbar.

Bei der anatomischen Untersuchung aller von mir und andern als identisch mit Sphaeromphale fissa bezeichneten Formen, stellt sich zunächst der Umstand heraus, dass die geringen Abweichungen sich auf 4 Variations-Typen zurückführen lassen. Diese Abänderungen betreffen erstens die Bräunung des Thallus und der Apothecien, dann die Beschaffenheit des Thallus, ferner die Entwickelung des Mycelium und endlich die Structur der apicalen Region des Perithecium's.

Im Uebrigen und zwar dem Wesentlichen stimmen sämmtliche bisherige Sphaeromphale- und Stigmatomma-Arten, ebenso die von mir hierher gezogenen Dermatocarpon-Arten mit Sphaeromphale fissa überein; also: Pseudoparenchymatischer Thallus mit zahlreichen Gonidien, die bei den verschiedenen Formen innerhalb des Thallus keine Verschiedenheiten zeigen; Perithecien dem Thallus eingesenkt, mit einer peripherischen Schicht langgestreckter, dickwandiger Zellen, an den inneren Seitenwänden mit einer Partie pseudoparenchymatischen Zellgewebes ausgekleidet, das die Periphysen trägt; endlich eine von zahlreichen Gonidien durchsetzte subhymeniale Schicht, der die bekannten Asci mit je zwei mauerförmig-polyblastischen Sporen entspringen.

Ich betrachte nun im Nachfolgenden die bisher als verschiedene Arten und Gattungen bekannten Formen in ihren Abweichungen vom Typus der ganzen Formenreihe, der oben beschriebenen Sphaeromphale fissa Körber.

Zunächst sind da diejenigen Exemplare zu erwähnen, die

1) Es ist mir eine angenehme Pflicht, allen den Herren, die mich durch Zusendung von Material und Literatur unterstützten, meinen verbindlichsten Dank auch hier auszusprechen; es gilt dies den Herren Arnold, Körber, von Krempelhuber, Rabenhorst, Rehm und Stein.

Anzi[1]) in seinen Exsiccaten als Sphaeromphale fissa ausgegeben hat. Diese weichen habituell von der typischen Sph. fissa durch einen fast schwarzen Thallus und stark convexe Perithecien ab; anatomisch jedoch finden sich nur unwesentliche Unterschiede: der Thallus ist beiderseits von einer schmalen Rindenschicht bekleidet; die Apothecien sind oberseits und an den Seiten bis zum Grunde von einer breiten Zone stark gebräunter Thalluszellen umgeben, die sich jedoch nicht bis an die Perithecienwandung erstrecken, sondern an Intensität der Färbung allmählig nach Innen zu abnehmend, eine Schicht gelbbraun gefärbten Thallus-Pseudoparenchym's zwischen sich und dem eigentlichen Perithecium lassen. Die Basis des letzteren ist frei von einer solchen Umhüllung. Am Gipfel des Perithecium's ist die dasselbe einschliessende Thalluswarze ein wenig muldenförmig ausgebuchtet, und an dieser Stelle, die der Oeffnung des Ostiolum's übergelagert ist, sind die Zellen weniger stark gebräunt, sie weichen vor der Entleerung der Sporen auseinander, einen Canal bildend. Die das Perithecium umhüllende Schicht stark gebräunter Zellen setzt sich in den Thallus fort und durchzieht dessen mittlere Partie als ein breiter Streifen. Alle übrigen Verhältnisse sind denen bei Sph. fissa gleich. Eine zweite Sphaeromphale-Art: Sph. Hazslinszkyi zeigt ganz ähnliche Eigenthümlichkeiten, wie die eben geschilderte Anzi'sche Sph. fissa. Auch bei ihr ist das Perithecium von einer breiten Zone stark gebräunter Thalluszellen umgeben, die jedoch hier oft auch die Basis des Peritheciums einschliessen, und ausserdem fast dicht bis an die eigentliche Peritheciumwand sich erstrecken, so dass es möglich wird, das Perithecium wenigstens in seiner unteren Partie unversehrt aus dem Thallus herauszuschälen. Sowohl aus den habituellen, als nach den anatomischen Merkmalen erhellt, dass obige Sphaeromphale fissa Anzi nach der älteren Nomenclatur zu Sph. Haszlinszkyi zu ziehen gewesen wäre. Die dritte Art von Sphaeromphale, Sph. elegans unterscheidet sich anatomisch in Nichts von Sph. fissa typica; die Unterseite des Thallus entbehrt oft gänzlich einer gebräunten Zellschicht, jedenfalls ist die Färbung, wenn überhaupt vorhanden, sehr schwach. Die Oberseite des Thallus zeigt oberhalb der Perithecien eine etwas breitere Rindenpartie, von der aus sich beiderseits des Perithecien-Gipfels ein kurzer Streif gebräunter Zellen in das Innere des Thallus herunter-

---

1) Anzi, Lichenes rariores Longob. No. 234. A.

zieht. Der Thallus ist in der Regel dicker, als der von Sphaeromphale fissa und im Aeusseren in der bekannten Weise zerklüftet. Die vierte und so viel mir bekannt, letzte Sphaeromphale-Art: Sph. clopimoides Anzi, Longob. 234 B. unterscheidet sich habituell von typischer Sphaeromphale fissa gar nicht, anatomisch nur durch die Bräunung des Thallus. Dieser besitzt nämlich eine dünne, schwach braun gefärbte obere Rindenschicht; zu beiden Seiten des Gipfels des Perithecium's findet sich jedoch noch eine ziemlich breite Partie tief dunkelbraun gefärbter Thalluszellen, und diese Färbung hat selbst einen Theil oder sämmtliche Zellen der peripherischen Perithecien-Wandung ergriffen, so dass die apikale Region des Perithecium's innerhalb des Thallus gewissermassen von einem Mantel gebräunter Zellen umhüllt ist.

Die Dermatocarpon-Arten weichen nun vom Typus der Sphaeromphale etwas ab, wenn auch diese Abänderungen nicht so bedeutend sind, dass sie zur Aufstellung einer besonderen Gattung oder mehrerer Arten berechtigen. Zunächst ist bei den erdbewohnenden Arten die Entwickelung des Mycelium eine viel bedeutendere, als bei den Sphaeromphale-Arten, eine Erscheinung, die sich durch das Substrat dieser Formen ohne Weiteres erklärt. Denn einerseits wird es den Hyphen leicht, in das erdige, und wenigstens im feuchten Zustande verhältnissmässig weiche Substrat einzudringen, andererseits gelingt es hier bei der Präparation weit leichter, als bei Sphaeromphale, die Mycelhyphen unversehrt zu erhalten. Diese Hyphen zeigen keine besonderen Eigenthümlichkeiten; es sind bald farblose, bald gebräunte, septirte und verästelte Fäden, die insbesondere an jenen Stellen des Thallus, wo Früchte demselben eingesenkt sind, in Menge vorhanden sind. Eine zweite Abweichung von Sphaeromphale findet sich nun in der Structur der apicalen Region des Perithecium's. Ich kann in dieser Hinsicht die Untersuchungen Füisting's[1]) nur bestätigen, wenn ich auch seine übrigen Anschauungen nur zum Theil billigen kann.

Wenn wir mit Füisting die Spitze des Perithecium's als Papille bezeichnen, so zeigt sich bei Dermatocarpon (mit Ausnahme von D. pallidum) an etwas älteren Perithecien, bei denen die Bildung der Asci bereits beginnt, mitunter auch bevor eine Spur der Schläuche zu sehen ist, das Gewebe der Papille gelockert;

---

1) Beiträge z. Entwickl.-Geschichte der Lichenen. (Botan. Zeitg. 1868, p. 676.)

die langgestreckten Zellreihen der Perithecienwand, welche die Papille allein zusammensetzen, lösen sich, indem die Zellen mit ihren kürzeren Querwänden zusammen hängen bleiben, in ihrem oberen Theile der Länge nach von einander ab, während sie nach unten zu ihre pseudoparenchymatische Verbindung beibehalten. Durch diesen Vorgang wird die Periphysen-Schicht, die den oberen Theil des Innenraums des Perithecium auskleidet, nach Aussen hin fortgesetzt: der ganze Porus ist mit Periphysen umstellt. Die eben geschilderten Verhältnisse finden wir in gleicher Weise bei den Stigmatomma-Arten wieder, obgleich hier nach meinen Beobachtungen sich nicht die gesammte Masse der die Papille bildenden Zellen an der Periphysen-Bildung betheiligt. Die Füisting'sche Zeichnung (l. c. Taf. X, Fig. 10 u. 11) ist in dieser Beziehung nicht ganz klar; nach einer grossen Zahl sehr wohl gelungener Präparate zu urtheilen, beschränkt sich die Trennung der Papillen-Zellen bei Stigmatomma in der Regel nur auf diejenigen Zellreihen, die dem Porus zunächst angrenzen, und nur seltner ergreift dieser Prozess auch weiter nach Aussen gelegene Zellreihen. Doch lässt sich durchaus keine Grenze ziehen, wieweit etwa diese Auflösung um sich greift; es hängt dieselbe vermuthlich von dem Alter der Perithecien und von mannigfachen äusseren Umständen ab. Die Zellen der apicalen Region des Peritheciums sind gebräunt, und zwar nimmt die Intensität der Bräunung nach dem Porus hin allmählich ab; oft löst sich von den weiter von letzteren entfernten Zellreihen nur je die oberste Zelle mit ihren Längswänden von den benachbarten ab, und ragt frei als kurzes braunes Spitzchen nach Aussen.

Es geht aus den Schwankungen, denen auch diese Erscheinung unterliegt, hervor, dass auch sie nicht zur Trennung der Stigmatomma- und Dermatocarpon-Arten einer- und der Sphaeromphale-Arten andrerseits verwendet werden darf.

In Dermatocarpon pallidum finden wir eine Ausnahme; bei ihm zeigt die apicale Region des Perithecium's dieselbe Structur, wie bei den Sphaeromphale-Arten, jedoch ist das Perithecium an seinem Gipfel vom Thallus nicht bedeckt. Die Papille desselben ist also frei, und erhebt sich meist ein Wenig über die Thallus-Oberfläche, ohne sich jedoch in Periphysen zu spalten. Bei Sphaeromphale elegans überlagert der Thallus ebenfalls nicht die Spitze des Perithecium's; doch ist hier von einer eigentlichen Papille überhaupt nichts zu sehen, ebenso wenig, wie bei Sph. fissa.

Dermatocarpon pallidum weicht nun auch im Thallus einigermassen ab; die Oberseite desselben ist nämlich durchaus unberindet, eine Schicht gebräunter Zellen fehlt vollständig, während sich an manchen Stellen der Unterseite eine solche vorfindet. Hingegen ist schon hier die Oberseite des Thallus von einer schmalen Zone abgestorbener Zellen bedeckt, die in grösserer Ausdehnung auch bei D. Schaereri und glomeruliferum vorhanden ist. Sie besteht aus länglich-polyedrischen Zellen mit sehr dicken Wänden und kleinem Lumen, die wie es scheint, lufthaltig sind. Bei D. Schaereri und glomeruliferum wechselt die Dicke dieser Lage von 5 bis 35 Mikromillimeter; mitunter, wiewol selten, fehlt sie gänzlich. Ein stichhaltiger Unterschied in der Dicke dieser Zellschicht bei den genannten beiden Arten ist nicht nachweisbar; sie ist in der Regel bei D. glomeruliferum dicker als bei D. Schaereri, doch ist sie bei beiden sehr schwankend. Für erstere Art ist eine Höhe dieser Schicht von 17 Mikrom. das häufigste; Massalongo'sche Exemplare zeigen fast constant eine solche von 35 Mikrm., doch werden sie hierin, wenn auch selten von Arnold'schen deutschen Exemplaren erreicht. Für D. Schaereri, bei dem diese Schicht häufiger gänzlich fehlt als bei D. glomeruliferum, ist das Durchschnittsmaass 8 Mikrm., das nur selten bis zu 17 Mikrm. aufsteigt; letzteres scheint die grösste Dicke zu sein, die bei dieser Art vorkommt. Es hängt die Dimension, welche diese Zellschicht erreicht, offenbar vom Alter und den mehr oder minder für das Wachsthum günstigen Verhältnissen der betreffenden Exemplare ab.

Die Vertheilung der Gonidien im Thallus der bisher betrachteten drei Dermatocarpon-Arten ist derart, dass sie in der Mitte desselben am zahlreichsten eingebettet sind, während sie nach oben zu plötzlich vollständig aufhören, nach unten hin allmählich in geringerer Anzahl auftreten. Sie sind also hier auf eine gewisse Zone des Thallus beschränkt, während sie bei Sphaeromphale gleichmässig durch den ganzen Thallus vertheilt sind.

Die Bräunung gewisser Partieen ist bei D. pallidum derjenigen, wie ich sie oben für Sphaeromphale clopimoides geschildert habe, sehr ähnlich: ein Theil der peripherischen Perithecien-Wandung der apicalen Region des Perithecium's und die angrenzenden Thalluspartieen sind ziemlich stark gebräunt, doch erstreckt sich diese Färbung nicht, wie bei obiger Sphaeromphale bis oberhalb des Gipfels des Perithecium's, sondern beschränkt sich auf den oberen Theil der Seitenwandungen desselben. Anders verhält es sich mit

D. Schaereri und glomeruliferum; hier ist die peripherische Schicht langgestreckter Zellen, die das Perithecium bis zum Ostiolum umgiebt, in ihrer ganzen Ausdehnung sehr stark gebräunt, und theilweise participiren daran auch die zunächst angrenzenden Thallusschichten. Die Bräunung ist nach Aussen zu eine intensivere, nach dem Innern des Perithecium's hin nimmt sie allmählich ab. Der Thallus dieser beiden Arten besitzt eine ziemlich breite Zone gebräunter Zellen an der Oberseite, dicht unterhalb der oben beschriebenen Schicht farbloser Zellen; auf der Unterseite findet sich eine schmale und nur blass braune Zelllage, die bei D. glomeruliferum oft gänzlich fehlt.

Ueber die Entwickelungsgeschichte der Perithecien habe ich zu bemerken, dass die Füisting'sche Darstellung (l. c.) nicht ganz richtig ist. Ich habe Arnold'sche Exemplare von D. glomeruliferum untersuchen können, die ganz junge Fruchtanlagen besassen. Füisting[1]) sagt, die Perithecien von Stigmatomma cataleptum liessen „zur Zeit, wenn die Perithecien andrer Formen noch Faserknäuel ohne jegliche Differenziation darstellen, zwei Theile, einen inneren und einen äusseren unterscheiden, indem ein aus reichem Gewebe bestehender Knäuel von kugeliger Gestalt von einer dichten, feinfaserigen Schicht von etwa 12 Mikrm. Dicke allseitig fest umschlossen wird." Er hat da offenbar schon ältere Entwicklungsstufen vor sich gehabt; denn die Perithecien-Anfänge der obigen Exemplare bestehen allerdings ebenfalls aus einem Knäuel von Hyphen, jedoch ohne eine ihn umgebende äussere Schicht. Das gleiche Verhalten zeigen Exemplare von Stigmatomma spadiceum von Rehm im Allgäu gesammelt.

Die beiden noch übrigen Dermatocarpon-Arten, nämlich D. Ambrosianum und pulvinatum bedürfen einer specielleren Betrachtung, die sich auch auf den Habitus und die äussere Form des Thallus erstrecken muss.

D. Ambrosianum, von dem Massalongo[2]) drei Formen beschrieben und ausgegeben[3]) hat, besitzt in den Formen A. und C. einen rundlich umschriebenen, rosettenförmigen Thallus, während bei B. die einzelnen Particen desselben in eine mehr oder weniger zusammenhängende, ausgebreitete Kruste zusammenfliessen. Die Form C. repräsentirt das jüngste Entwickelungsstadium des Thallus

1) l. c. pag. 673.
2) Geneacaena Lichenum pag. 22.
3) Lichenes italici exsicc. No. 30.

(wenigstens unter den vorliegenden Exemplaren); sie bildet äusserst zarte, grau-schwarze Anflüge von radial-strahliger Ausbreitung. Bei Forma A. ist der Thallus schon etwas dicker, doch behält er noch immer den geschilderten Habitus bei; selbst die Form B. lässt noch vielfach, besonders an den Rändern der Kruste die strahlige Configuration erkennen. Der anatomische Bau ist nun folgender: Das Centrum jeder Thallus-Rosette ist pseudoparenchymatisch; und zwar ist das Gewebe in Nichts verschieden von dem der Sphaeromphale fissa. Die Gonidien sind wie bei dieser ungefähr gleichmässig durch das ganze Pseudoparenchym vertheilt, und nehmen nur nach unten hin, an Menge ab. Die Oberseite des Thallus ist von einer breiten Schicht gebräunter Zellen bedeckt, während die Unterseite einer solchen Rinde entbehrt; letztere ist mit zahlreichen, zarten, hyalinen Hyphen besetzt. Die Peripherie des Thallus ist nun in den drei Formen etwas verschiedener Structur. Bei der Form B., die das entwickeltste Stadium darstellen dürfte, ist derselbe an seinem Umfange in zahlreiche Lappen zerschlitzt, die nach dem Centrum hin braun gefärbt, nach Aussen zu allmählich blasser, endlich hyalin werden; sie bestehen fast bis zum Rande aus Pseudoparenchym, dessen Dicke nach und nach abnimmt, und das sich endlich an der Peripherie in schwach bräunliche, an ihren Spitzen farblose Hyphen auflöst. Diese letztere Erscheinung tritt nun bei den Formen A. und C. immer näher dem Centrum der Thallus-Rosette ein, so dass bei C. nur etwa ein Drittel des Thallus-Durchmessers von Pseudoparenchym gebildet wird, während die andern 2 Dritttheile aus braunen, knorrigen, septirten Hyphen bestehen, die in ihrem Verlaufe vielfach mit einander anastomosiren. Die Perithecien zeigen keine Verschiedenheiten von denen der Sphaeromphale fissa; sie sind fast bis zum Grunde umgeben von einer Partie gebräunter Thallus-Zellen; auch die peripherische Zellschicht der Perithecien-Wandung ist in ihrem ganzen Umfange, jedoch weniger intensiv gebräunt.

Dermatocarpon pulvinatum Fries ist nun habituell so ausgezeichnet, dass es gewagt erscheint, ihn ebenfalls in die Formenreihe von Sphaeromphale fissa zu bringen. Und doch glaube ich nicht zu irren, wenn ich auch diese Art hierherziehe. Fries hat zwei ihrem Habitus nach sehr verschiedene Formen unter obigem Namen ausgegeben. Die eine besitzt meist aufrechte, dicht aneinander gedrängte Thallus-Blättchen, die unten stielförmig verschmälert, nach oben zu in vielfach gekräuselte und gebuchtete

Lappen erweitert sind; die Früchte stehen einzeln oder zu zwei bis drei an der Spitze dieser Lappen. Das Ganze sieht (mit Ausnahme der Färbung) einem Cladonien-Protothallus (sensu Körberi!) nicht unähnlich; übrigens variirt die Form und Stellung der einzelnen Thallusschüppchen auf's Mannichfaltigste. Die zweite Form ist der Sphaeromphale elegans und manchen dickkrustigen Exemplaren von Stigmatomma sehr verähnlicht und bildet den Uebergang von den eben geschilderten laubartigen Individuen zu der typischen Thallus-Form. Bei diesen Exemplaren ist nämlich der Thallus dick schollenförmig, vielfach zerklüftet und kurzgelappt, nach unten ebenfalls kürzer oder länger stielartig verschmälert; je einer Thallus-Scholle ist ein Perithecium eingesenkt.

Die anatomische Untersuchung dieser beiden Formen beweist ebenfalls den Charakter der letzteren als Uebergangsform. Die erstere, laubartige Thallus-Varietät besteht aus drei Theilen: einer pseudoparenchymatischen beiderseitigen Rinde von gebräunten Zellen gebildet, einer darauf folgenden, gonidienführenden Schicht, die ebenfalls pseudoparenchymatische Structur besitzt, und einer centralen Partie, die sich aus vielfach verästelten Hyphen zusammensetzt, weit ärmer an Gonidien ist, und als Mark bezeichnet werden kann. Nach unten ist zwischen diese Medullar-Schicht und die untere Rinde wiederum eine pseudoparenchymatische Schicht farbloser Zellen eingeschaltet, die jedoch schmäler ist, als die obere und nur wenige Gonidien, (oft gar keine) enthält.

Bei der andern Form jedoch, die sich schon habituell den Stigmatomma-Arten nähert, ist meist der ganze Thallus pseudoparenchymatisch, nur an dickeren Stellen ist auch hier eine fibröse, mittlere Partie vorhanden, die jedoch nur geringe Ausdehnung besitzt; die übrigen Verhältnisse sind denen der ersten Form gleich. Bei beiden sind die Perithecien ganz übereinstimmend mit denen der übrigen Dermatocarpon-Arten gebaut; sie haben rings um den Porus eine stark gebräunte Zellpartie, die an den Seiten der sogenannten Papille ein Stück heruntergreift, und sich über einige Zelllagen des Thallus, die dem Perithecium zunächst angrenzen, erstreckt.

Hieran schliessen sich nun die 4 Stigmatomma-Arten, die nur unbedeutend von der typischen Sphaeromphale fissa abweichen.

Das Mycel ist, dem Substrat entsprechend, bei Stigmatomma nur wenig entwickelt; am stärksten ist es bei St. porphyreum ausgebildet. Bezüglich der Verhältnisse der apicalen Region des

Perithecium's habe ich schon oben bemerkt, dass sie denen von Dermatocarpon identisch sind. Der Gipfel der Perithecien ist nicht vom Thallus bedeckt; das Gewebe der Papille löst sich nach oben und aussen zum grössten Theil in Periphysen auf. Die Structur des Thallus stimmt mit derjenigen von Sphaeromphale überein; die Ober- und Unterseite sind berindet, das heisst von einer meist schmalen Schicht gebräunter Zellen bedeckt; die Gonidien sind ungefähr gleichmässig durch den ganzen Thallus vertheilt. Von der oberen Rinde des Thallus zieht sich, wie bei Sphaeromphale fissa ein Streifen gebräunter Thalluszellen eine kurze Strecke an den Seiten des Perithecium's herunter; ebenso ist die ganze peripherische Zellschicht der Perithecienwandung gebräunt, und zwar im oberen Theile ziemlich intensiv, nach unten zu allmählich blasser werdend, endlich kaum noch angedeutet. Alle die beschriebenen Verhältnisse sind bei den vier Stigmatomma-Arten wesentlich gleich; es ist mir, abgesehen von habituellen Verschiedenheiten nicht möglich, im anatomischen Bau der 4 Arten auch nur einen constanten Unterschied zu finden. Allerdings variirt besonders die Bräunung der Peritheciumwände, jedoch oft bei verschiedenen Individuen ein und desselben Exemplars; ebenso ist die Auflösung der apicalen Region des Perithecium's in Periphysen durchaus nicht constant; es betheiligen sich, wie schon oben gesagt, oft nur wenige, dem Porus zunächstgelegene Zellschichten an dieser Bildung, so dass dann der Unterschied gegenüber Sphaeromphale noch geringer wird. Auch zu Dermatocarpon sind Uebergänge vorhanden, die theils durch D. pulvinatum (s. o.), theils durch D. Ambrosianum Massal. bewirkt werden, welch' letzterer von Körber[1]) mit Stigmatomma vereinigt wird. Exemplare von Stigmatomma spadiceum (Arnold's Exsiccaten No. 125), Dermatocarpon protuberans Mass., forma subumbonata Nyl. (ebend. No. 26a und b.), ebenso Exemplare von Stigmatomma clopimum, die sämmtlich auf Kalk gewachsen sind, und bei denen der Thallusrand wohl erhalten ist, zeigen schon habituell grosse Aehnlichkeit mit Dermatocarpon Ambrosianum Massal.[2]) Das Gleiche gilt von den Exemplaren von Stigmatomma cataleptum, die in Rabenhorst's „Lichenes europaei“ No. 495 (sub. St. clopimum) mitgetheilt, und

1) Parerga lichenol. pag. 331.

2) Massalongo hat Dermatocarpon mit Paraphysorma, die nach Körber (Syst. Lich. p. 337) ziemlich identisch ist mit Stigmatomma, vereinigt.

von Rehm auf Keupermergel, der ebenfalls kalkhaltig ist, gesammelt sind.

Der Thallus aller dieser Exemplare ist mehr oder weniger deutlich rosettenförmig, am Rande vielfach gelappt, zerschlitzt, dendritisch verästelt, so dass sie den Massalongo'schen Exemplaren von D. Ambrosianum äusserst ähnlich sind. Auch der anatomische Bau ist dem der letztgenannten Flechte durchaus identisch: von einem pseudoparenchymatischen Centrum, das die Früchte trägt, strahlen nach allen Seiten hin radial verlaufende Hyphen aus, oft zu Bündeln vereinigt, vielfach verzweigt, unter sich anastomosirend, braun gefärbt, nach den Spitzen hin allmählich farblos und dünner werdend.

Im habituellen, wie anatomischen Bau verhält sich nun auch Sphaeromphale fissa ganz gleich, sowohl den oben beschriebenen kalkbewohnenden Stigmatomma-Arten, als auch Dermatocarpon Ambrosianum, sobald ihre Gesteins-Unterlage nicht Granit, sondern ebenfalls Kalk ist. Ich habe schon Anfangs kurz bemerkt, dass Lojka kalkbewohnende Exemplare von Sphaeromphale fissa gesammelt hat; diese stimmen in Allem mit den zuerst geschilderten typischen Exemplaren von Körber's Sph. fissa überein; nur in Bezug auf die Randzone des Thallus und das Auftreten der Hyphen weichen sie, offenbar veranlasst durch das Substrat, davon ab. Nicht nur, dass der Thallusrand aus den bei Dermatocarpon Ambrosianum und den kalkbewohnenden Stigmatomma-Exemplaren beschriebenen Hyphen besteht, auch die Unterseite des Thallus ist mit weit zahlreicheren Hyphen besetzt, als dies bei den Granitbewohnenden Exemplaren der Fall ist.

Die von Körber behauptete Hyphenlosigkeit der Sphaeromphale-Arten und verwandter Flechten ist also ein Irrthum; oder sollte Körber die braunen Hyphen auch hier für Melanogonidien ausgeben wollen?

Endlich schliesse ich hier noch einige Polyblastia-Arten an, die wohl unzweifelhaft ebenfalls nur Substrat-Formen der Sphaeromphale fissa sind. Zunächst Polyblastia nigella Krempelhuber, die im Habitus dem Dermatocarpon Ambrosianum sehr ähnlich ist. Sie bildet wie dieser rundliche, oft zusammenfliessende Rosetten, die im Centrum von schmutzig grauer Farbe, an ihrer Peripherie von einer schwarzen, kreisförmigen Zone umgrenzt sind, die bisher als Protothallus angesprochen wurde. Die Perithecien sitzen zu mehreren im Centrum des Thallus, dem Substrat mehr oder weniger

eingesenkt. Die anatomische Untersuchung ergiebt nun Folgendes: Der ganze Thallus besteht aus Hyphen, die farblos, vielfach verästelt sind und zahlreiche Anastomosen unter einander bilden. Ihnen sind unregelmässig die Gonidien eingestreut, die sich von denen der Sphaeromphale nicht unterscheiden lassen. Die oben erwähnte, schwarze kreisförmige Zone, der sogenannte Protothallus, wird gebildet durch eine Masse braungrüner Zellen einer Chroococcacee, die sich in geringerer Menge über die ganze Oberfläche des Thallus zerstreut findet, die aber auch massenhaft neben der Flechte auf dem Gestein vorkommt. Es ist jedoch wohl zu bemerken, dass diese Algenzellen nie im Thallus der Polyblastia gefunden werden, sondern stets nur auf seiner Oberfläche; auch ist es mir nicht gelungen, irgend einen Zusammenhang zwischen diesen Algen und den Hyphen der Flechte zu finden. Die Perithecien unterscheiden sich in ihrem anatomischen Bau und der Bräunung der Wandungen von denen des Dermatocarpon Schaereri nicht im Geringsten. Auch das Verhalten der apicalen Region ist genau so wie bei Dermatocarpon; es betheiligen sich an der Zerspaltung in Periphysen in der Regel die gesammten Zellreihen der Papille. Asci und Sporen, ebenso die Hymenial-Gonidien sind denen der typischen Sphaeromphale gleich.

Die varietas abscondita von Krempelhuber von Polyblastia nigella zeigt mancherlei Abweichungen, so dass ich sie nicht hierherziehen möchte.

Hingegen gehört mit Sicherheit Polyblastia guestphalica in den Formenkreis von Sphaeromphale, was schon Garovaglio (s. o.) bemerkt. Auch Körber ist geneigt, Polybl. guestphalica und nigella zu vereinigen, doch hat ihn das Vorhandensein des schwarzen Protothallus bei letzterer Species davon abgehalten. Nachdem ich oben gezeigt habe, worin dieser Protothallus besteht, dürfte mein Zusammenziehen beider Arten kaum angefochten werden. Die anatomische Untersuchung bestätigt ebenfalls meine Ansicht vollständig. Der Thallus von Polyblastia guestphalica besteht nur aus Hyphen, die nicht zu einem pseudoparenchymatischen Gewebe verschmelzen; es sind ziemlich dicke, vielfach verästelte, septirte, unter einander anastomosirende Fäden, denen zahlreiche Gonidien eingemengt sind. Die Structur und Färbung der Perithecien, die Asci und Sporen, endlich auch die Hymenial-Gonidien zeigen keine Verschiedenheiten von denen der P. nigella; doch erreichen bei P. guestphalica alle Theile, besonders aber die Sporen grössere

Dimensionen als bei P. nigella, ein Umstand, der bei der Variabilität der gesammten hierhergehörigen Formen nichts Auffallendes hat.

Endlich gehört noch hierher als letztes Glied Polyblastia rufa Massal., die ich in den Nummern 235 und 410 der Anzi'schen Lichenes exsicc. Longob. untersucht habe. Ihr Thallus besteht aus einer basalen Schicht von Hyphen, die sich durch nichts auszeichnen; sie verschmelzen nach oben zu einer schmalen Partie von Pseudoparenchym, das die Gonidien einschliesst, und dessen Zellen dünnwandig und farblos sind; es ist nicht zu läugnen, dass dieses Pseudoparenchym einen andern Eindruck macht, als das der typischen Sphaeromphale- und Stigmatomma-Arten; doch hängt dies mit grösster Wahrscheinlichkeit mit dem abweichenden Substrat und Standort zusammen. Die Früchte stimmen auf das Vollständigste mit denen aller im Vorhergehenden beschriebenen Formen überein und ich halte dies für das Entscheidende.

Die Bräunung des Thallus fehlt an der unteren Seite vollständig und ist auf der Ober-Seite sehr unregelmässig und stets nur schwach vorhanden. Hingegen sind die Thalluswarzen, welche die Perithecien einschliessen, an ihrer Oberfläche von einer breiten Zone sehr stark gebräunter Zellen bedeckt, die sich mitunter in das Innere des Thallus hineinzieht und die Perithecien fast bis zum Grunde umgiebt; die Perithecienwandungen selbst sind meist nicht oder nur wenig gebräunt. Die apicale Region des Peritheciums verhält sich ebenso, wie bei Sphaeromphale fissa; sie ist vom Thallus bedeckt, die Periphysenbildung beschränkt sich auf die inneren Partieen des Porus. Die forma orbicularis Anzi (l. c. No. 410) unterscheidet sich nur habituell von der eigentlichen P. rufa; die Randzone der Thallusrosetten verhält sich ähnlich, wie die der kalkbewohnenden Formen von Stigmatomma und Sphaeromphale. Hingegen weicht Polyblastia immersa Bagl., die Garovaglio[1]) als Form zu P. rufa bringt, wesentlich davon ab, so dass ich sie nicht hierher ziehen kann. Die von Krempelhuber[2]) aufgestellten Formen von P. rufa: major, minor und minima gehören (nach Original-Exemplaren!) ebenfalls nicht zu Massalongo's P. rufa.

Die Gonidien im Thallus der sämmtlichen hierhergehörigen Flechten sind nun durchaus identisch. Wie aus der Theilungsweise derselben hervorgeht, ist es eine Art der Gattung Pleurococcus,

1) Tentam. disp. p. 157.
2) Lichenes Bayr. 294.

die hier die Gonidien bildet. Die einzelnen Zellen sind kuglich, mit einer farblosen ziemlich dicken Hülle umgeben; ein Kern oder eine Vacuole ist nicht sichtbar, das Chlorophyll ist in dem ganzen Inhalt ungefähr gleichmässig vertheilt.

Beim Beginn der Theilung tritt zunächst eine Furchung an zwei einander gegenüber liegenden Stellen der Zelle ein (Taf. XVIII, Fig. 10 a.), die schliesslich zur Bildung einer Scheidewand führt. Die so entstandenen beiden Tochterzellen trennen sich von einander (b.), bleiben aber meist noch von der farblosen Hülle, die sich an der Theilungsstelle leicht eingeschnürt hat, umschlossen. Die Theilung geht nun in allen Richtungen des Raumes weiter vor sich; es werden in der Regel zunächst 4 Zellen (e.), dann 8 u. s. w. gebildet, die noch immer von der gemeinsamen hyalinen Membran umhüllt sind. Unregelmässigkeiten in der Theilung kommen vielfach vor; es entstehen 3 Zellen dadurch, dass sich nur eine der beiden Zellen erster Ordnung wieder theilt (c.); diese Theilung geht entweder rechtwinkelig auf die Richtung der ersten Scheidewand vor sich, oder seltener in derselben Richtung (d.). Bei der Theilung in vier Zellen erfolgt diese ebenfalls oft sehr unregelmässig, so dass zwei Zellen in einer Ebene, die beiden andern übereinander zu liegen kommen (h.); oder es können sich die Richtungen der Theilungslinien zweiter Ordnung in verschiedenen Winkeln kreuzen (h. i.). Die Mannichfaltigkeit der Theilungen steigt natürlich mit ihrer wachsenden Anzahl, so dass die Tochter-Zellen in der verschiedensten Weise angeordnet und in den wechselndsten Zahlenverhältnissen vorhanden sind; jedoch übersteigt die Zahl der von einer gemeinsamen Hülle umschlossenen Zellen nie 32, erreicht im Gegentheil dieses Extrem nur selten, so dass etwa 16 die gewöhnliche Grenzziffer ist. Die Gonidien oder besser Pleurococcus-Zellen zeigen nun die Eigenthümlichkeit, dass sie innerhalb der Flechte, mit fortschreitender Theilung immer kleiner werdend, ein weiteres Wachsthum nicht besitzen. Sie behalten die durch die Theilung erlangte Grösse bei, ein Umstand, der an die gleichen Verhältnisse bei den Diatomaceen erinnert. Im sterilen Thallus und entfernter von den Perithecien hört nun allerdings die Theilung bald auf, so dass hier die Grösse der verschiedenen Gonidien nur wenig schwankt; im Umkreis der sich bildenden Perithecien jedoch dauert sie lange an, und ist eine sehr lebhafte, so dass selbst sehr junge Perithecien bereits mit zahlreichen Gonidien erfüllt sind, die noch lange Zeit hindurch in reger Theilung begriffen sind und

also immer kleiner werden. Ebenso findet sie in der subhymenialen Schicht des Peritheciums, die wie ich oben bereits gesagt habe, ebenfalls viele Gonidien enthält, sehr reichlich statt. Auf diese Weise bilden sich die Hymenial-Gonidien, die sich bei Sphaeromphale und allen verwandten, aber auch bei vielen andern Flechten in Menge innerhalb des Perithecium's finden. Sie entstehen also durch einen sehr regen Theilungsprocess der Thallus-Gonidien, sowie der in der subhymenialen Schicht befindlichen, und gelangen vermuthlich zwischen den lebhaft wachsenden, das Perithecium bildenden Hyphen aus dem Thallus-Pseudoparenchym in das Gewebe des Peritheciums und schliesslich in den Hohlraum desselben. Sie zeigen in ihrer Form und Theilungsweise keine Unterschiede von den Thallusgonidien, sind jedoch blasser grün gefärbt, als jene und wie schon oben bemerkt, weit kleiner. Die Grössenverringerung derselben kann so weit herabsteigen, dass die kleinsten nur noch 2—3 Mikr. Durchmesser besitzen. Gelangen sie aus den Perithecien in's Freie und hier unter günstige Verhältnisse, so vergrössern sie sich allmählich wieder bis zu etwa 7 Mikr. Durchmesser; worauf sie eine geringe Vergrösserung nur in einer Richtung des Raumes erfahren, so dass ihre Form oval wird. Dann zieht sich das grün gefärbte Plasma nach beiden Polen des grössten Durchmessers hin, zurück, und es entsteht eine Scheidewand in der Mitte, die durch allmähliche Einschnürung endlich zu einer Lostrennung der beiden Zellen von einander führt. Durch derart fortgesetzte Theilungen mit vorausgehendem Wachsthum erlangen die Gonidien ihre normale Grösse wieder.

Nun finden sich aber bei vielen Exemplaren von Sphaeromphale, Stigmatomma und Dermatocarpon in den Perithecien noch andere Hymenial-Gonidien, die der Algengattung Stichococcus durchaus gleichen. Schon Schwendener[1]) hat diese Form ebenfalls bei Sphaeromphale fissa beobachtet und erklärt ihr Vorkommen dadurch, dass sie, nachdem das Perithecium geöffnet ist, durch den Porus von Aussen in dasselbe hineingelangen. Ich bin leider nicht im Stande, diese Ansicht zu bestätigen oder zu widerlegen. Unter dem reichen Material, das mir zu Gebote stand, fanden sich zwar zahlreiche Exemplare mit Stichococcus als Hymenial-Gonidien; doch ist es mir, trotz wochenlanger Untersuchungen nicht gelungen, ganz junge, noch geschlossene Perithecien aufzufinden. Und solche

1) Schwendener, Erörterungen zur Gonidienfrage (Flora 1872).

allein sind zur Entscheidung dieser Frage brauchbar, da nur an ihnen der Nachweis geführt werden kann, ob jener Stichococcus bereits vor dem Oeffnen des Porus innerhalb des Perithecium's vorhanden ist oder nicht. Mir scheint gegen das Einwandern von Aussen der Umstand zu sprechen, dass sich Stichococcus an Exemplaren aus den verschiedensten Gegenden vorfindet: ich habe ihn unter andern gefunden in Dermatocarpon pulvinatum aus Finmarken, in Sphaeromphale fissa und clopimoides aus Tyrol, Stigmatomma spadiceum aus dem Allgäu, St. porphyreum von Genf, Polyblastia clopimoides aus Italien etc. etc. Es kommt noch hinzu, dass es stets nur Stichococcus ist, nie eine andere Alge, die sich im Innern der Perithecien findet, wobei ich jedoch hervorhebe, dass in allen von mir untersuchten Stichococcus-haltigen Perithecien sich stets neben diesem auch die von Pleurococcus (d. h. den Thallusgonidien) herstammenden kuglichen Hymenial-Gonidien vorfinden. Bemerkenswerth ist endlich noch der Umstand, dass die Stichococcus-Zellen, die stets in Masse auftreten, genau dieselben Lagerungsverhältnisse zwischen den Asci zeigen, wie die normalen Hymenial-Gonidien. Gewiss ist die Frage nach dem Ursprung dieses Stichococcus sehr interessant; ich halte es für wahrscheinlich, dass er nur eine Form der Thallus-Gonidien ist, die durch eine abweichende Theilung (nur in einer Richtung des Raumes) hervorgerufen worden ist.

Ich habe im Vorhergehenden die erste Behauptung Körber's, nämlich die, dass Sphaeromphale und Verwandte keine Hyphen besitze, widerlegt, und wende mich nun zum zweiten Theil meiner Untersuchungen, der Keimung der Sporen von Sphaeromphale, an die ich einige Polyblastia-Arten anschliesse. Durch Güte des Herrn Arnold erhielt ich Exemplare von Sphaeromphale, die derselbe Mitte August 1874 in Tyrol gesammelt hatte. Die Sporen dieser Exemplare wurden am 31. Januar in destillirtes Wasser ausgesät und schon am 5. Februar hatten sie Keimschläuche von mehreren Mikromill. Länge entwickelt. Die Keimung erfolgt in der für viele Pilz- (resp. alle Flechtensporen) charakteristischen Weise: das Endosporium sprengt das Exosporium und tritt zunächst als kurze Ausstülpung durch die Oeffnung hervor; diese Ausstülpung verlängert sich zu einem Schlauche, der Anfangs ein ziemlich bedeuten-

des Längenwachsthum besitzt, das sich, wegen des Fehlens der Gonidien allmählig verlangsamt, und endlich ganz still steht. Die Sporen von Sphaeromphale entwickeln stets mehrere, oft sehr zahlreiche Keimschläuche, so dass man zu der Annahme berechtigt ist, dass jeder Sporoblast befähigt ist, je einen Keimschlauch zu bilden. In Folge des überaus geringen Wachsthums der Keimschläuche, das schon nach wenigen Tagen aufhörte, konnte ich keine Messungen über die Schnelligkeit des Wachsthums anstellen. Die mir zur Verfügung stehenden Sphaeromphale-Exemplare waren vermuthlich schon vor zu langer Zeit gesammelt, oder es waren sonstige ungünstige Umstände im Spiele, die die Weiterentwickelung unmöglich machten. Immerhin geht aus dem Mitgetheilten hervor, dass Körber's Angabe über die Keimung der Sphaeromphale-Sporen falsch ist, dass sie vielmehr in ganz analoger Weise, wie die Sporen anderer Ascomyceten keimen.

Da ich nun nach Füisting's und meinen hier mitgetheilten Untersuchungen mich berechtigt glaube, den Formenkreis von Sphaeromphale, wie ich ihn oben dargestellt habe, zu Polyblastia zu ziehen, so halte ich es nicht für uninteressant, auch von einigen anderen Polyblastia-Arten, die mir lebend zu Gebote standen, die Keimung kurz zu besprechen.

Am 24. Januar d. J. von Herrn Arnold gesammelte und mir gütigst übersandte Exemplare von Polyblastia caesia gelangten noch frisch und keimfähig in meine Hände. Die Sporen wurden am 31. Januar ausgesät, und zeigten die ersten Anfänge der Keimung, 4—8 Mikr. lange Keimschläuche am 3. Februar; am folgenden Tage waren einzelne der letzteren bereits 12 Mikrom. lang. Die Messungen wurden nun von Zeit zu Zeit wiederholt und stets an den kräftigsten Keimschläuchen ausgeführt; es zeigte sich nämlich bald, dass das Wachsthum der Schläuche nicht durchweg gleich stark war; einige gingen schon nach wenigen Tagen zu Grunde, die meisten hatten bereits am 12. Februar ihr Wachsthum gänzlich eingestellt, was am 26. Februar bei sämmtlichen der Fall war. So war es denn nicht möglich, immer nur einen oder einige wenige Keimschläuche in ihrer Weiterentwickelung zu verfolgen und müssen einstweilen die wenigen Messungen genügen, die ich ausführen konnte. Die zwei von mir fixirten Sporen ergaben für ihren jedesmaligen längsten Keimschlauch folgendes Resultat:

	bei Spore A. (Fig. 13.)		bei Spore B.
Am 6. Februar	19 Mikr. Länge.	—	26 Mikr. Länge.
„ 9. „	28 „ „	—	45 „ „
„ 12. „	40 „ „	—	49 „ „
„ 20. „	49 „ „	—	52 „ „

Bis zum 26. war bei keinem der Keimschläuche beider Sporen eine weitere Verlängerung eingetreten. Ich bemerke noch, dass neben dem am 12. und 20. gemessenen Keimschlauch der Spore B. ein Hymenial-Gonidium lag, nach welchem hin der Schlauch eine kleine Ausstülpung getrieben hatte, ohne dass jedoch eine Berührung eingetreten wäre. Thallus-Gonidien waren nicht in der Nähe, woraus sich das baldige Unterbleiben des weiteren Wachsthums zur Genüge erklärt.

Bei der Bildung der Keimschläuche tritt das Plasma der Sporen, das dieselben im reifen Zustande ganz undurchsichtig macht, allmählich in die Keimschläuche in Form kleiner rundlicher, glänzender und stark lichtbrechender Körperchen über; beim Heranwachsen jener rückt immer neues Plasma aus der Spore in die Schläuche nach, so dass endlich die Spore leer und frei von Plasma erscheint; dann erst ist es möglich, die dieselbe durchsetzenden Scheidewände zu erkennen. Mit diesem Zeitpunkte erfolgt dann auch das Absterben der Keimschläuche, die keine Gonidien angetroffen haben. Dieser Umstand ist einer der schlagendsten Beweise für die Parasitennatur der Flechtenbildenden Ascomyceten; sie verhalten sich in diesem Falle gerade so, wie diejenigen Puccinien zum Beispiel, die unter sonst günstigen Verhältnissen auf den zur Bildung der Aecidien-Generation nöthigen Wirth nicht gelangen; sie keimen wohl, aber die Weiterentwickelung unterbleibt, die Keimschläuche gehen bald zu Grunde.

Die Keimung anderer Polyblastia-Arten erfolgt in ganz ähnlicher Weise; ich füge noch die Zeichnung keimender Sporen von Polyblastia diminuta bei, zu der ich bemerke, dass bei ihr die Keimung nach 5 Tagen erfolgte, während P. obsoleta dazu 12 Tage brauchte; es ist dies um so auffallender, als erstere ein ziemlich dickes Episporium besitzt.

Nach dem Vorstehenden haben sich also beide, zu Anfang angeführte Behauptungen Körber's als irrig erwiesen. Ich schliesse mit einigen kurzen Bemerkungen allgemeinen Inhalts und hebe zunächst die Wachsthums- und Bildungsweise des Thallus hervor.

Während Dermatocarpon pulvinatum und D. pallidum (ersteres wenigstens in seiner höchst entwickelten Form) den Laubflechten zugezählt werden müssten, tritt schon in D. glomeruliferum und D. Schaereri eine auch habituelle Annäherung an die Krustenflechten ein. Die übrigen von mir zu Sphaeromphale gebrachten Arten sind evidente Krustenflechten. Wie nun auch bei andern Laubflechten der Thallus nicht selten durchweg aus Pseudoparenchym besteht, so zeigt sich dies Verhältniss hier als Regel, von der nur jene Form von D. pulvinatum (und die Polyblastia-Arten) eine Ausnahme machen. Sämmtliche Dermatocarpon-Arten weichen jedoch in so fern von den übrigen Formen ab, als bei ihnen ein, wenn auch oft nur geringes Marginalwachsthum des Thallus stattfindet. D. pulvinatum dürfte in seiner laubartigen Abänderung sogar wesentlich auf Marginalwachsthum beschränkt sein, das Dickenwachsthum hier bedeutend in den Hintergrund treten. Schwendener hat in seinen Untersuchungen über den Flechtenthallus diese Verhältnisse für die Laubflechten in so ausgezeichneter Weise dargelegt, dass es überflüssig ist, hierauf nochmals zurückzukommen. Für das Wachsthum des krustenförmigen Thallus finden sich jedoch nur wenige, kurze Andeutungen, die ich im Wesentlichen ebenfalls bestätigen kann.

Der hypothetische Entwickelungsgang des Sphaeromphale-Thallus lässt sich am leichtesten an denjenigen Exemplaren verfolgen, die, auf Kalk wachsend, Rosetten von mehr oder minder grosser Regelmässigkeit mit vollständig erhaltener Randzone darstellen. Die keimende Spore entwickelt zunächst den sogenannten Protothallus, der eine doppelte Rolle übernimmt; er breitet sich mittelst Spitzenwachsthum seiner einzelnen Hyphen auf dem Substrat aus und dringt, je nach dem die Beschaffenheit des Letzteren dies gestattet, mehr oder weniger tief, mit einer grösseren oder kleineren Hyphenzahl in dasselbe ein. Ich weiche hierin von der Auffassung Schwendener's ab, der diese in das Substrat eindringenden Hyphen zu den hypothallinischen Gebilden rechnet, und dieselben als aus dem Thallus hervorsprossend betrachtet. Ich glaube, dass diese Hyphen ebenfalls dem Protothallus angehören. Da die Flechten, wie nicht zu bezweifeln, ihre Nahrung zum Theil auch aus dem Substrat beziehen, ist die primäre Entwickelung solcher in die Unterlage hineinwachsender Hyphen im höchsten Grade wahrscheinlich; sie führen dem sich bildenden Thallus die anorganischen Bestandtheile, die sie dem Substrat entnehmen, zu.

Ich betrachte die Gesammtheit des Protothallus als analog dem Mycelium der Pyrenomyceten.

Andererseits erzeugt der Protothallus in seinem Centrum den eigentlichen Thallus, der aus einer grossen Zahl dicht neben einander entstehender, aufrecht wachsender Hyphen gebildet wird, die zu einem pseudoparenchymatischen Gewebe verschmelzen. Diese Form des Thallus bezeichne ich als Stroma, da sie in der That sowohl nach ihrer Entstehungsweise, als nach ihrem anatomischen Baue mit dem Stroma der Pyrenomyceten übereinstimmt. In vielen Fällen nun, und wie es scheint, besonders dann, wenn das Substrat dem Eindringen des Mycel's wenig Widerstand entgegensetzt, unterbleibt die Bildung eines pseudoparenchymatischen Thallus; das Mycelium behält dann zeitlebens seine Structur bei, es besteht nur aus Hyphen, die allerdings unter sich durch zahlreiche Anastomosen verbunden sind, jedoch nicht gewebeartig verschmelzen. Auch für diese Erscheinung finden sich unter den Pyrenomyceten zahlreiche Analogien; ich brauche nur an die Gattungen Chaetosphaeria, Nitschkia, manche Rosellinia-Arten etc. zu erinnern, bei denen die Perithecien einem sogenannten Subiculum auf- oder innesitzen, das aus zahlreichen, dicht verflochtenen Hyphen besteht, jedoch nie die Structur des Stroma's zeigt.

Es ist aber klar, dass diese verschiedenen Verhältnisse im Bau des Thallus von untergeordneter Bedeutung sind; die physiologische Funktion ist stets die nämliche. Aber auch anatomisch finden sich zahlreiche, vermittelnde Glieder; die Strauch- und Laubflechten besitzen in ihrem Thallus beide Formen: eine pseudoparenchymatische, meist beiderseitige Rindenschicht, und eine nur aus Hyphen bestehende Markschicht.

Es wird daher gerechtfertigt sein, wenn ich mit Sphaeromphale Flechten vereinige, die einerseits einen durchaus pseudoparenchymatischen Thallus haben; deren Thallus zweitens aus pseudoparenchymatischer Rinden-, jedoch fibröser Markschicht sich zusammensetzt, während endlich eine dritte Formengruppe nur ein stark entwickeltes, durchaus aus Hyphen bestehendes Mycel aufweist.

Der Thallus selbst besitzt nun offenbar ein Dickenwachsthum, das allerdings nur langsam vor sich geht, jedoch bei Dermatocarpon glomeruliferum u. a. durch die Schicht abgestorbener, farbloser Zellen, die in grösserer oder geringerer Mächtigkeit die Oberseite des Thallus überzieht, constatirt werden kann. Dass auch jene

Formen mit fibrösem Thallus Dickenwachsthum haben, scheint daraus hervorzugehen, dass die Hyphen, die das Gestein durchziehen, zum grösseren Theil senkrecht zu dessen Oberfläche verlaufen; auch der Umstand, dass die Früchte oft tief in das Substrat eingesenkt sind, spricht für meine Ansicht. Ich werde über diese Verhältnisse in einer späteren Arbeit ausführlicher berichten.

Ein Umstand, der nicht unwichtig für die Beurtheilung der Anpassungsfähigkeit der Flechten ist, soll ebenfalls hier nur kurz besprochen werden; es ist dies die Bräunung der Perithecienwandungen und gewisser Thalluspartieen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der höhere oder geringere Grad dieser Bräunung, sowie die Art des Auftretens derselben von den äusseren Verhältnissen abhängig sind und Bezug haben auf den Schutz der Perithecien. Doch lassen sich Untersuchungen über diese Verhältnisse nur an den natürlichen Standorten der betreffenden Flechten anstellen, was einer späteren Zeit vorbehalten werden muss. Einstweilen habe ich mich begnügt, die Perithecien sämmtlicher hier in Frage kommender Sphaeromphale-, Stigmatomma- und Dermatocarpon-Arten in schwacher Vergrösserung und mit ausschliesslicher Berücksichtigung der Bräunungsverhältnisse auf Tafel XIX. darzustellen.

Ich lasse schliesslich eine Zusammenstellung aller von mir mit Sphaeromphale fissa vereinigten Arten und ihrer Synonyme folgen. Wie schon oben bemerkt, bringe ich den ganzen Formenkreis zu Polyblastia, und nenne die Art Polyblastia umbrina (Whlnbg.) Winter:

Verrucaria umbrina Whlnbg., Fl. Suec. p. 871.
Fries, L. E. p. 441., L. S. exs. 417.
Nylander, Expos. synopt. Pyr. p. 21.
Verrucaria clopima Whlnbg. in Ach., Meth. suppl. p. 20.
Ach., L. U. p. 287.
V. fissa Tayl., Flor. Hib. 2. p. 95.
Leight., Ang. Lich. p. 19. Taf. 6. Fig. 3.
V. umbrina var. clopima Nyl., Prodr. p. 179., Expos. p. 21.
V. umbrina var. calcarea Nyl., l. c. p. 180., Expos. p. 21.
V. umbrina var. monospora Nyl., Chil. p. 175., Expos. p. 21.
V. Unionis Schaer., Enum. p. 216 (p. p.) sec. Körber, Syst. 335.
V. catalepta var. subumbonata Nyl., Expos. p. 22. (p. p.) sec. Hepp, Flecht. 949. (Arnold, Exsicc. 26.)
V. porphyrea Meyer.

V. pallida Nyl., Prodr. p. 178., Expos. syn. p. 20.
V. Garovaglii Mnt., in Garov. Not. Lomb. 1. p. 334.,
in Ann. Sc. nat. 3. XI. p. 59.
Mnt., Syll. p. 367.
Nyl., Prodr. p. 179., L. P. 90., Expos. p. 20.
V. Garovaglii forma incrustans Nyl., l. c.
V. sorediata Borr., E. Bot. suppl. t. 2612. f. 2.
V. nigrescens Fries, Lich. Suec. n. 417.
V. maura Garov., Saggio apud Cattaneo, p. 338.
V. rhaetica Garov. in litt. et sched.
V. fissa forma laevigata Garov., Tentamen disp. p. 154.
V. fissa f. rimoso-areolata Garov. l. c.
V. fissa f. guestphalica Garov. l. c.
V. fissa f. orbicularis Garov. l. c.
V. rufa Garov., Tent. p. 155.
V. epipolaea var. rufa Garov., Lichenoth. ital. edit. II. D. IV. No. 8.
V. epipolaea var. concinna Schaer. in litt. et Enum. p. 248.
Endocarpon lithinum Leight., Ang. Lich. p. 19. t. 6. f. 2.
Ejusdem L. Br. exs. 98.
Endocarpon pulvinatum Th. Fr., Arct. 257.
E. pusillum Fries, L. E. 411 (pr. p.) sec. Körber, Syst. 327.
E. Garovaglii Schaer., Enum. p. 234.
E. pallidum Ach., L. U. p. 301. et Syn. p. 100.
Leight., Ang. Lich. p. 19. t. V. f. 3.
Nyl., Alger. p. 339.
E. pusillum v. pallidum Fries, L. E. p. 411.
Schaer., Enum. p. 234.
E. hepaticum Moug., St. Vog. 541. pr. p.
E. sorediatum Hook., Brit. Fl. 2. p. 158.
Leight., Ang. Lich. p. 18. t. 5. f. 2.
E. fissum Leight., l. c. p. 20. t. VI. f. 3.
Thelotrema fissum Hepp, Flecht. 103.
Th. clopimum Hepp, Fl. 101.
Th. scabridum Anzi, Catal. pag. 104.
Th. rufum Anzi, Lichen. rar. longob. n. 235. pp.
Th. fissum Anzi, Catal. p. 104. et Lich. long. 234 A.
Th. fissum forma clopimoides Anzi, Lich. Long. 234 B.
Th. Schaereri Hepp, Flecht. 100.
Th. fontanum Anzi olim in Rabenhorst, Lich. eur. 894.
Th. clopimum γ. cataleptum Anzi, Catal. 104.

Thelotrema clopimum β. porphyrium et γ. cataleptum Hepp, Flecht. No. 102 et 949.
Pyrenula clopima Ach., Syn. p. 120.
Schaer., Enum. p. 211.
P. areolata Ach., Syn. p. 122.
P. catalepta Schaer. apud Zwackh, Exsicc. No. 26.
Sagedia viridula Fries, L. E. pag. 414.
S. clopima Fries, L. E. p. 415., L. S. exs. 415.
Lecanora cervina ε. protuberans Schaer., Enum. 56. (p. p.) sec. Körber, Syst. p. 338.
Staurothele clopima Th. Fries, Lich. Arct. p. 363.
Paraphysorma Ambrosianum Massal., Memor. Lich. p. 136. f. 162.
P. protuberans Massal., Ricerch. 117.
Sphaeromphale silesiaca Massal., Geneac. p. 16.
Sph. Hazslinszkyi Körber, Parerga p. 331.
Sph. fissa Körber, Syst. Lich. pag. 335 et Parerga p. 331.
Sph. elegans (Flotow) Körber, Syst. p. 335 et Parerga p. 331.
Stigmatomma cataleptum Körber, Syst. pag. 338.
St. spadiceum Körber, Syst. p. 338.
St. clopimum Körber, Syst. p. 339.
St. porphyreum Körber, Syst. p. 339.
St. clopimum Rabenh., Lichen. Eur. No. 495.
St. protuberans Kmph., Lich. Bayr. 253.
St. cataleptum β. subumbonatum (Nyl.) Arnold, Flora 1860. p. 75.
Dermatocarpon Ambrosianum Massal., Geneac. p. 22. A. B. C.
Ejusd., Lichen. ital. exs. n. 30.
Ejusd., Sched. crit. p. 39.
D. Schaereri Körber, Syst. Lich. p. 326.
D. glomeruliferum Massal., Mem. Lich. 141.
D. pulvinatum Körber, Parerga p. 308.
D. pusillum β. adscendens Anzi, Catal. 103.
D. protuberans (Schaer.) Massal., Geneac. 21. forma subumbonata Nyl., Expos. p. 22. (Arnold, Exs. 26 b.)
D. clopimum (Whlnbg.) var. spadiceum Arnold, Exs. 125.
D. pusillum Anzi, Catal. 103.
Polyblastia clopima (Whlnbg.) f. porphyria (Meyer, Hepp, Fl. Eur. No. 102.) Anzi, Lich. it. sup. 399.
P. clopima (Whlnbg.) Anzi, l. c. 397.
P. clopima f. protuberans (Schaer.) Anzi, Lich. It. sup. 398.
P. clopimoides Anzi in Rabenhorst, Lichenes eur. 894.

Polyblastia nigella Krph. in Flora 1857. p. 375.
Körber, Parerga 339.
P. nigella f. binaria Kmph., Lich. Bayr. 244.
non β. abscondita Kmph. l. c.
non Sagedia nigrella β. abscondita Hepp, Flecht. 698.
P. guestphalica Lahm in litt. ad Körber.
Körber, Parerga p. 339.
P. rufa Massal. Ricerch. p. 147.
Körber, Parerga pag. 243.
non Krempelhuber, Lich. Bayr. 294.
P. rufa var. orbicularis Anzi, Lichen. rar. longob. 410.
Baglietto in Erb. critt. ital. 696.
non β. immersa Garov., Tent. disp. p. 157.
non Polyblastia immersa Anzi, Lich. rar. venet. No. 142.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XVII.

Fig. 1. Ein Perithecium von Sphaeromphale fissa von Körber's Originalen. Verticalschnitt, schwach vergrössert.

Fig. 2. Ein Perithecium von Dermatocarpon Schaereri. Ebenfalls Verticalschnitt, Vergrösserung wie bei 1.

Fig. 3. Ein Perithecium von Stigmatomma clopimum. Vertikalschnitt; gleiche Vergrösserung wie 1 und 2.

Fig. 4. Ein Spermogonium von Sphaeromphale fissa; Vertikalschnitt, der jedoch nicht ganz median geführt ist.

Fig. 5. Ein kleines Stück aus dem Spermogonium, von der Innenwand entnommen; bei st die Sterigmen, bei sp die Spermatien.

Fig. 6. Stück eines Vertikal-Schnittes durch ein Perithecium von Sphaeromphale elegans. Bei t das Pseudoparenchym des Thallus, das zahlreiche Gonidien (g) einschliesst. p die äussere Wandung des Peritheciums, aus länglichen, sehr dickwandigen Zellen bestehend. a die nach dem Innern des Peritheciums hin sich erstreckende Schicht dünnwandigeren Gewebes, die den Periphysen (pe) den Ursprung giebt.

Fig. 7. Stück des Thallus von Endocarpon (Dermatocarpon) pulvinatum, und zwar von der laubartigen Form.
a. Obere, u. untere Rinde.
b. und c. die beiderseitige Pseudoparenchymschicht; b reich an Gonidien, c nur mit einzelnen Gonidien versehen.
m. die aus Hyphen bestehende Markschicht.

Taf. XVIII.

Fig. 8. Stück des Thallus von Dermatocarpon Schaereri.
a. Die oberste Schicht abgestorbener Zellen.
b. Rindenschicht der Ober-, c. der Unterseite.
d. Pseudoparenchymatisches Gewebe mit zahlreichen Gonidien (g).
h. Mycelium.

Fig. 9. Obere Partie des Thallus von Dermatocarpon glomeruliferum. a. die Schicht abgestorbener Zellen, hier (bei italienischen Exemplaren) ganz besonders mächtig. d. das Thallus-Pseudoparenchym.

Fig. 10. Gonidien aus dem Thallus. (Pleurococcus.)
a. Furchung. b. Theilung in zwei Tochterzellen, die von der gemeinsamen Membran umhüllt sind. c. Drei- e. Viertheilung in normaler Weise. h. und i. Viertheilung in unregelmässiger Weise.

Fig. 11. Hymenial-Gonidien der normalen Gestalt (Pleurococcus) in verschiedenen Theilungsstadien.

Fig. 12. a. Spore von Sphaeromphale fissa von Arnold'schen Exemplaren, mit zahlreichen Keimschläuchen; am 31. Januar ausgesät, am 5. Februar gezeichnet.
b. Eine ebensolche Spore, einige Tage später gezeichnet; von da ab hörte das Weiterwachsen der Keimschläuche auf.

Fig. 14. 3 Sporen von Polyblastia diminuta von Arnold'schen Exemplaren, fünf Tage nach der Aussaat gezeichnet.

Taf. XIX.

Fig. 13. I—V. Sporen von Polyblastia caesia von Arnold'schen Exemplaren. I. am 4. Februar, II. am 6. Februar, III. am 9. Februar, IV. am 12. Febr., und V. am 20. Februar gezeichnet. Es wurden jedesmal die mit * bezeichneten Keim-Schläuche gemessen; die im Texte gegebenen Zahlen beziehen sich auf diese.

Fig. 15. Die Perithecien der sämmtlichen von mir besprochenen Sphaeromphale-, Stigmatomma- und Dermatocarpon-Arten, bei sehr schwacher Vergrösserung gezeichnet; es ist nur das Verhältniss der Bräunung des Thallus und der Perithecien angedeutet.
a. Sphaeromphale fissa typica.
b. Sph. fissa Anzi.
c. Sph. Haszlinszkyi.
d. Sph. elegans.
e. Sph. clopimoides.
f. Dermatocarpon pallidum.
g. D. glomeruliferum.
h. D. Schaereri.
i. D. Ambrosianum.
k. D. pulvinatum.
l. Stigmatomma clopimum.
m. St. spadiceum.
n. St. cataleptum.
o. St. porphyreum.

Beiträge zur Kenntniss der Antherenbildung der Metaspermen.

Von

Dr. A. Engler.

I. Ueber die Antheren und den Pollen der Mimoseae.

In seiner denkwürdigen Arbeit über den Bau und die Formen der Pollenkörner[1]) erwähnt auch H. v. Mohl die Pollenkörner der Mimoseae und theilt die wesentlichsten Thatsachen mit, welche bei nur oberflächlicher Untersuchung der Staubblätter der Mimoseen unserer Gewächshäuser dem Beobachter in die Augen springen, dass bei denjenigen Mimoseen, deren breites, halbkugeliges Connectiv senkrecht auf die Richtung der Filamenta stehe, die Anthere 8 16-zellige „Pollenkörner" besitze, deren Zellen so verbunden sind, dass in der Mitte des Kornes 2 Lagen von je 4 Zellen liegen, und der Umkreis von einer Reihe von 8 Zellen gebildet wird; dass ferner bei einigen andern Mimoseae die „Pollenkörner" von ovaler Form und nur aus 8 Zellen zusammengesetzt seien; dass endlich bei Inga anomala die Anthere 8 8-zellige, grosse „Pollenkörner" enthalte, welche ein spitzes gegen die Mitte des Antherenloculamentes gerichtetes Ende besitzen, an welchem ein kleiner aus kleinen klebrigen Zellen gebildeter Anhang vorhanden sei, vermittelst dessen sie noch an andere zufällig mit ihnen in Berührung kommende Körper anhaften. Ausser diesen Angaben Mohl's besitzen wir noch die der systematischen Botaniker, welche wir in den Genera Plantarum[2]) von Bentham und Hooker zusammengestellt finden; daselbst beschränkt sich Bentham darauf, bei den einzelnen Gattungen der Mimoseae anzugeben, ob die Pollen-

---

1) H. v. Mohl. Beiträge zur Anatomie u. Physiologie der Gewächse I. 61 u. 101.
2) Bentham u. Hooker, Gen. 91, I. 588—600.

körner getrennt oder zu Massen verbunden vorkommen und in welcher Anzahl die Gruppen von Pollenkörnern in jeder Anthere vorhanden sind. Nachdem ich theils an dem lebenden Material des Münchener botanischen Gartens theils an dem sehr reichen Material[1]) unseres Herbariums meine Untersuchungen vorgenommen, erkannte ich bald, dass die Angaben Mohl's und Bentham's; namentlich aber die des ersteren mancherlei Berichtigungen und Ergänzungen bedurften.

Als ich nach Untersuchung der Entwickelungsgeschichte der Pollengruppen daran dachte, meine Beobachtungen zu publiciren, fand ich erst, dass schon darauf bezügliche Beobachtungen von Rosanoff[2]) mitgetheilt seien. Da jedoch Rosanoff's Untersuchungen an einem viel artenärmeren Material unternommen sind, die Bezeichnungen der Arten ebenso wie bei Mohl auf einem vollständig veralteten systematischen Standpunkt basiren, meine Untersuchungen jedoch sich fast auf alle bekannten Gattungen der Mimoseae erstrecken und an Material vorgenommen sind, was durch den Monographen selbst rectificirt worden ist, so halte ich es nicht für überflüssig, meine Beobachtungen mitzutheilen, um so mehr, als dieselben theilweise zur Bestätigung einiger wichtigen, von Rosanoff zuerst hervorgehobenen Thatsachen dienen, andererseits auch die Resultate dieses Forschers in mancher Beziehung ergänzen oder berichtigen. Rosanoff erklärt selbst am Schluss seiner Arbeit über die Bildung von Specialmutterzellen und andere Verhältnisse, die sich auf die Vorgänge bei der Theilung der Mutterzellen der Pollenkörner beziehen, noch nicht zu entscheidenden Ergebnissen gekommen zu sein. Leider wurde er selbst durch den Tod an der Erweiterung seiner früheren Mittheilungen gehindert.

Es scheint mir zweckmässig, die Resultate meiner Untersuchungen im Ganzen mitzutheilen und da, wo sich abweichende oder ausführlichere Angaben in der Arbeit Rosanoff's befinden, auf dieselbe zu verweisen.

Zunächst sei erwähnt, dass bei den Staubblättern aller Mimoseae das Connectiv ziemlich dick ist und die Antherenfächer auf dem-

1) Dasselbe war von Bentham selbst bei seiner Bearbeitung der brasilianischen Mimoseae, welche gegenwärtig schon vollendet; aber noch nicht im Druck erschienen ist, revidirt worden.

2) Rosanoff: Zur Kenntniss des Baues u. der Entwickelungsgeschichte des Pollens der Mimoseae in Pringsheim's Jahrb. IV. 4. 441—448.

selben, wie auf einem Polster ruhen und zwar so, dass die beiden „seitlichen" der 4 Fächer über die Ränder des Connectivs mehr oder weniger hervorragen; der Zwischenraum zwischen den beiden mittleren Antherenfächern ist nur gering, jedoch grösser als zwischen den beiden Fächern einer Hälfte. Während aber bei einer grossen Anzahl Gattungen die Staubblätter mehr oder weniger pfeilförmig sind, sind dieselben bei einigen Gattungen, nehmlich Acacia W., Albizzia Duraz., Calliandra Benth., Inga W. schildförmig und fast quadratisch, d. h. das spitze Ende des langen, in der Knospe vielfach gewundenen Filamentes ist in eine mehr oder weniger centrale Vertiefung des polsterförmigen Connectivs eingesenkt (Tab. I. Fig. 1), demzufolge sind die Antherenfächer nicht der Blüthenaxe zugewandt, sondern derselben abgewendet.

Bei allen ausgewachsenen Antheren der Mimoseae haben wir zu unterscheiden eine äussere Epidermoidalschicht, bestehend aus dünnwandigen, nach aussen mehr oder weniger gewölbten, bisweilen auch (bei Calliandra, Tab. I. Fig. 1) zugespitzten Zellen und die hiervon bedeckte Schicht des Endotheciums, bestehend aus einer einschichtigen Masse prismatischer dünnwandiger Zellen, deren radiale Wände mit netzfaserigen Verdickungen versehen sind, welche an der innern Tangentialwand sternförmig zusammentreffen; die äussere tangentiale Wand zeigt keine Verdickungen. Demzufolge werden unter dem Microscope immer nur die einer Kante zunächst liegende Reihe von Netzfaserzellen mit ihren Verdickungen deutlich sichtbar, während die übrigen durch die Epidermoidalzellen hindurch bei geeigneter Einstellung zwar auch sichtbar werden; aber nur den Querschnitt der faserigen Verdickungen erkennen lassen (Taf. I. Fig. 6 und Pringsheim Jahrb. l. c. Taf. XXXII, Fig. 47). Wenn der Pollen reif ist und ausgeworfen wird, dann löst sich das Epidermoidalgewebe in grossen Fetzen von dem darunter liegenden Endothecium los.[1])

---

1) Es stimmen somit die Mimoseae mit den meisten andern Metaspermen insofern überein, als nur eine einzige Faserschicht das Endothecium bildet. Bei mehreren Orchideen, z. B. Stanhopea verwandelt sich das ganze mehrschichtige Gewebe zwischen Epidermis und der sogenannten Tapete (Warmings) oder dem Epitel (älterer Autoren) in Faserzellen, und ist das Endothecium mehrschichtig und noch lange vor der Epidermis bedeckt. Anders ist es bei Tradescantia, Peperomia, Anthurium und wol auch noch bei vielen andern Arten der zugehörigen Familien, wo die Epidermis sehr frühzeitig, lange vor der Reife der Antheren sich loslöst. Ehe ich die jüngsten Zustände der Antheren genannter Pflanzen untersuchte, schien es mir, als ob die oberste Schicht selbst sich in eine Netzfasernschicht umwandele; dies ist jedoch nicht der Fall, sondern

Es ist jedoch zu beachten, dass in jungen Antheren, die einzelnen Pollenmutterzellen oder ihre Gesammtmasse stets von 2 oder auch 3 Zellschichten umgeben sind, deren Zellen später bei der Ausbildung des Pollens zerstört werden, ein Punkt, auf den ich später noch einmal zurückkomme.

Der Pollen ist entweder normal einzellig oder es bleiben 2 oder mehr Tetraden von Pollenkörnern, also die Produkte von 2 oder mehr Pollenmutterzellen in mannigfacher Weise mit einander verbunden. Die Gruppen von zusammenhängenden Tetraden haben meist die schon von Mohl l. c. und Rosanoff[1]) beschriebene Beschaffenheit, doch finden sich auch anders zusammengesetzte Gruppen. Derartige Gruppen treten nicht bloss bei denjenigen Mimoseae auf, welche peltate Antheren besitzen, sondern auch in andern Gattungen, deren Antheren pfeilförmig sind. In Folgendem sollen die von mir beobachteten Fälle kurz beschrieben und zusammengestellt werden.

1) Die Fächer der eiförmigen oder eilanzettlichen oder pfeilförmigen Antheren sind ganz erfüllt mit zahlreichen kleinen, meist 16-zelligen, seltener 12-zelligen linsenförmigen Gruppen oder auch mit 8-zelligen, eiförmigen Gruppen oder endlich mit einfachen Tedraden. Die 16-zelligen haben genau dieselbe Gestalt, wie die schon von Mohl abgebildeten „Pollenkörner", d. h. 4 Tetraden sind in der Weise mit einander verbunden, dass je 2 über einander liegende Zellen der einen Tetrade mit je 2 übereinander liegenden Zellen der andern Tetraden verbunden sind und so die aus 2 Zellenschichten bestehende Mittelpartie der Pollengruppe bilden, während je 2 andere nebeneinander liegende Zellen einer Tetrade jederseits an die entsprechenden Zellen zweier andern Tetraden anschliessen und so den aus nur einer Zellenschicht bestehenden Rand bilden. Somit sind bei den 16-zelligen Gruppen 8 centrale Zellen und 8 Randzellen, bei den 12-zelligen Gruppen 6 centrale Zellen und 6 Randzellen vorhanden. Die einzelnen linsenförmigen Pollengruppen haben einen Durchmesser von 0,025—0,03 Mm. Da ihre Gestalt und die Anordnung der Pollenkörner genau dieselbe ist, wie bei den noch einmal oder dreimal so grossen Pollengruppen anderer

---

die äusserst zarte, dünnwandige Epidermis wird sehr bald abgestreift. Ueber die verschiedenartige Ausbildung des Endotheciums der Antheren finden sich zahlreiche Mittheilungen in: Chatin: De l'anthère, Paris 1870, p. 19—32, jedoch sind die so merkwürdigen Antheren der Mimoseae ebensowenig wie die nicht minder auffälligen der Asclepiadeae ganz mit Stillschweigen übergangen.

1) Rosanoff l. c. 442—446 und Taf. XXXI, Fig. 1—20.

Mimoseen, welche nachweislich die Theilungsprodukte einer einzigen Zelle sind, so ist auch hier zweifellos anzunehmen, dass die 16 oder 12 verbundenen Zellen aus einer Urmutterzelle entstanden sind oder dass Anfangs die Urmutterzelle sich in 4 oder 3 Zellen getheilt hat und dass jede dieser Zellen eine Tetrade Pollenkörner gebildet hat. So ist es der Fall bei Stryphnodendron coriaceum Benth.[1]) (Taf. I, Fig. 5), Str. floribundum Benth., Str. angustum Benth. und wahrscheinlich allen andern Species derselben Gattung, da ich alles mir vorliegende Material derselben untersucht habe und immer dasselbe Verhalten fand. In manchen noch nicht geöffneten Antheren konnte ich beobachten, dass in jedem Antherenfach die Pollengruppen 2 Reihen bildeten.

Viele 8-zellige Pollenmassen finden sich bei Mimosa myriadena Benth. und M. polyantha Benth., Piptadenia macrocarpa Benth., P. communis Benth., P. macrodenia Benth., P. peregrina Benth.[2])

In diesem Falle ist jede Pollenmasse aus 2 Tetraden zusammengesetzt und zwar so, dass je 3 Zellen einer Tetrade an 3 Zellen der andern Tetrade anliegen, wie dies Rosanoff l. c. Taf. XXXI, Fig. 11 (eine der 8 Pollengruppen von Acacia linifolia) abbildet. Octaden, bei denen die Scheidewände der zusammenstossenden Zellen beider Tetraden alterniren, wie dies Rosanoff l. c. Taf. XXXII, Fig. 51, 52 bei einer ihm unbekannten Art der Gattung Schrankia W. beobachtete, sind mir zufällig nicht vorgekommen, doch bezweifle ich nicht, dass solche sich auch bei genannten Pflanzen finden werden.

Es hat hier offenbar in der Urmutterzelle eine Theilung weniger als bei der vorher beschriebenen, nehmlich nur eine einzige vor der Tetradenbildung stattgefunden. Bei derselben Gattung Mimosa kommen auch Arten vor, deren Antheren mit einfachen Tetraden erfüllt sind, so Mimosa verrucosa Benth., hier liegen sämmtliche 4 Zellen in einer Ebene, ähnlich wie die Zellen der Pollentetraden der Orchideen. Ebenso verhalten sich auch Schrankia angustata Torr. et Gray und Schr. uncinata Willd.[3]) (Taf. I, Fig. 14).

---

1) Ueber diese und die folgenden Gattungen theilt Rosanoff Nichts mit; Bentham l. c. 590 giebt an, dass Stryphnodendron in seinen Antheren viele Pollenkörner besitze, ohne etwas von ihrer Vereinigung zu Gruppen zu sagen.

2) Bentham l. c. 589 giebt auch von dieser Gattung nur die Angabe: pollinis granula an.

3) Rosanoff l. c. 442 giebt auch von Mimosa pudica L. und M. carta L. an, dass deren Pollen zu Tetraden vereinigt bleiben; ich fand bei beiden Arten die Tetraden mit Ausnahme einzelner weniger aufgelöst.

2. Die Fächer der eiförmigen oder lanzettlichen Antheren sind ganz erfüllt mit einzelnen Pollenkörnern, wie sie schon von Mohl und Rosanoff (l. c. Tab. XXXI, Fig. 1—4, 8) genau beschrieben sind.

So verhalten sich Leucaena diversifolia Benth., L. glauca Benth., Entada scandens Benth., Adenanthera chrysostachys Benth., Prosopis glandulosa Torr. et Gray, Pr. juliflora, Pr. spicigera L., Elephantorrhiza Burchelli Benth., Lagonychium Stephanianum Benth., Neptunia oleracea Lour., N. plana Boiss., Desmanthus plenus W., D. virgatus W., D. brachylobus Benth., Dichrostachys caffra Meissn., D. cinerea W. et Arn., Mimosa xanthocentra Mart., M. orthocarpa Benth., M. papposa Benth., M. podocarpa Benth., M. calocephala Mart. und andere Species, endlich Dimorphandra mollis Benth.

Es kann also innerhalb derselben Gattung ein verschiedenes Verhalten stattfinden, wie Mimosa zeigt, von der wir vorhin 2 Arten mit 8-zelligen und eine Art mit 4-zelligen Gruppen kennen lernten, während bei den meisten Arten sich die Tetraden in ihre Theile auflösen; auch Enteda weist in den wenigen von mir untersuchten Arten ein verschiedenes Verhalten auf, denn bei der einen Species sind 16-zellige Gruppen, bei der andern einzelne Pollenkörner vorhanden. Während bei den beiden schon genannten Arten von Dichrostachys einzelne Pollenkörner die Antheren erfüllen, sind bei einer andern Species, Dichrostachys amythethophylla Benth. in jedem Fach Reihen von 2–3 16-zelligen Gruppen von der oben beschriebenen Beschaffenheit vorhanden.

3. Die Fächer der langen pfeilförmigen oder kürzeren eiförmigen Antheren enthalten je eine Reihe von 8—15 und mehr 16—32-zelliger Pollenmassen; dieselben sind von einander durch kleine Zwischenräume getrennt und das Endothecium ist zwischen den einzelnen Pollengruppen etwas eingebuchtet, so dass auf der Innenseite des Endotheciums so viel kreisförmige Eindrücke vorhanden sind, als Pollengruppen vorhanden sind.[1]) (Taf. I, Fig. 6).

Jede dieser Gruppen besteht aus 4—8 Tetraden, am häufigsten aus 5 (Taf. I, Fig. 9, 10), welche alle in der Weise verbunden sind, dass je 2 übereinander liegende Zellen einer Tetrade mit 2 übereinander liegenden Zellen der benachbarten Tetrade zusammenstossen, und den centralen Theil der Pollenmasse bilden,

---

1) Dieser für die Auffassung der später noch zu besprechenden eigenthüm- Verhältnisse sehr wichtige Fall wurde von Rosanoff nicht beobachtet.

während je 2 nebeneinander liegende Zellen der Tetraden an der Bildung des einschichtigen Randes theilnehmen. Demzufolge ist auch hier die Gestalt der Pollengruppen eine linsenförmige. Bei den meisten Gruppen eines Faches sind die Wände ziemlich gleichmässig orientirt, und zwar so, dass die Hauptwände radienförmig gegen das Centrum des Korns verlaufen, so dass die Tetraden von oben gesehen wie Sectoren einer Kreisfläche oder einer Ellipse erscheinen. Daraus kann man entnehmen, dass jede Pollengruppe sich aus einer Urmutterzelle entwickelt, in welcher, wie man aus Analogie mit der unten zu besprechenden Entwicklung der Pollengruppen von Albizzia, Inga und Calliandra schliessen dürfte, erst eine Wand entsteht, welche die Längsaxe des Faches unter schiefen Winkeln schneidet, während dann in den beiden so entstandenen Hälften sich Wände bilden, welche entweder auf der ersten senkrecht stehen oder schief gegen dieselbe einfallen. Es darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass in denjenigen Pollengruppen, welche aus einer grösseren Zahl von Tetraden (7—8), gebilder sind, eine bestimmte Anordnung derselben und Gesetzmässigkeit nicht mehr deutlich wahrzunehmen ist (Taf. I, Fig. 11). Die Grösse der Gruppen beträgt im Durchmesser 0,06—0,08 Mm. Antheren von der beschriebenen Beschaffenheit besitzen nur die Arten der Gattung Parkia, z. B. Parkia africana R. Br., P. auriculata Benth. Die Epidermis löst sich stets von dem Endothecium los, so dass dann deutlich die Structur desselben zu erkennen ist (Taf. I, Fig. 7). Hierher gehört auch Adenanthera pavonina L., von der ich ebenfalls nur getrocknete Exemplare untersuchen konnte. Die Antheren sind länglich eiförmig und jedes Fach enthält eine Reihe von 16-zelligen Pollengruppen, welche die gewöhnliche Gestalt besitzen und eine Grösse von 0,03—0,04 Mm. erreichen. Der Vergleich dieser Antheren mit denen von Adenanthera chrysostachys Benth. deutet darauf hin, dass auch bei letzterer eine Reihe von Pollenmutterzellen vorhanden gewesen sein mag, deren Theilprodukte sich schon vor dem Aufspringen der Antheren lösen; man sieht nehmlich bei A. chrysostachys in den noch geschlossenen Antheren die einzelnen Pollenkörner reihenweise angeordnet; zerdrückt man die Anthere, so treten sie alle einzeln heraus. Auch Xylia dolabriformis Benth. und Gagnebina axillaris Dl. zeigen in jedem Fach der Anthere eine Reihe von 8-10 kleinen 16-zelligen Pollengruppen.[1])

---

1) Bentham giebt von diesen beiden Gattungen an: pollinis granula.

4. Die Fächer der peltaten Antheren enthalten je eine Reihe von 8 16-zelligen Pollengruppen von der schon oben beschriebenen linsenförmigen Form.[1]) Hierher gehört zunächst Dichrostachys amythethophylla Benth., bei welcher die Gruppen zu 2—3 in jedem Fach eine Reihe bilden, welche durch ein gemeinsames Endothecium eingeschlossen ist (Taf. II, Fig. 15). Die Pollengruppen besitzen einen Durchmesser von nur 0,025 Mm. Inga affinis mit 4 und Inga edulis Mart. mit 5 gleichgrossen und gleichartigen Gruppen in jedem Fach bildet den Uebergang zu folgendem, viel mehr verbreiteten Verhalten.

5. Die Fächer der peltaten Antheren sind halbirt, anstatt der normalen 4 Fächer von der Länge der ganzen Anthere kommen 8 kleine kuglige Fächer zur Entwicklung, von denen jedes nur eine einzige linsenförmige Pollengruppe einschliesst (Taf. I, Fig. 12, II, Fig. 16, 17, 18). Diese Gruppe ist meistens 16-zellig, wie ich es bei folgenden Pflanzen gefunden habe: Inga corymbifera Benth., I. cylindrica Mart., I. laurina Willd., I. microcalyx Spruce, I. myriantha Poepp., I. rufinervis Spruce, I. scabriuscula Benth., Calliandra capillata Benth., C. portoricensis Benth., C. tetragona Benth., C. hirtiflora Benth., C. Tweedii Benth., Albizzia ferruginea Benth., A. Inlibrissin W., A. Sebbeck W., A. lophantha Benth., A. stipularis Boivin, A. sericocephala Benth., Acacia alata R. Br., A. armata R. Br., A. calamifolia Steudel, A. crassiuscula Wendl., A. cultriformis Cunn., A. cuneata Benth., A. cyanophylla Lindl., A. diptera Lindl., A. dodonaeifolia Pers., A. Catechu W., A. hecatophylla Stend., A. arabica W., A. macrostachya Benth. und wie es scheint bei den meisten Arten von Acacia. Bei allen diesen Arten ist eine durchaus gleichartige Orientirung der Wände der Pollenmassen, nehmlich die eine, dieselben halbirende Wandung schneidet die Längsrichtung der Antheren unter einem schiefen Winkel, die andere, die Pollenmasse halbirende Wandung steht auf der vorigen nahezu senkrecht. Es sind jedoch nicht immer die Pollengruppen 16-zellig, wie in den angegebenen zahlreichen Fällen, sondern auch 20—28-zellig, d. h. die Gruppen bestehen aus 5—7 Tetraden; 5 oder 6 Tetraden beobachtete ich bei Inga micradenia Spruce, 6 bei Inga floribunda Benth., 7 bei I. longiflora Benth. und I. panamensis Seem.; diese Pollengruppen sind

---

1) Dieser Fall der eine Uebergangsform zu dem folgenden darstellt, wurde von Rosanoff nicht beobachtet.

ebenso gross, wie die 16-zelligen und verhalten sich ähnlich wie die Pollengruppen von Parkia. Andererseits findet man auch bisweilen die Zahl der Tetraden vermindert; so fand ich aus 3 Tetraden bestehend die Pollengruppen bei Acacia decipiens R. Br.,[1]) A. pulchella R. Br., A. nigricans R. Br., A. pentadenia Lindl.; aus nur 2 Tetraden bestehend die Pollengruppen bei A. paradoxa Dc. (= A. undalata W.), A. cordifolia Sweet. (vergl. Rosanoff l. c. Fig. 10, 11). Bezüglich der Structur der Exine der Pollenkörner bei den genannten Arten verweise ich auf Rosanoff's Arbeit. Dagegen finde ich nirgends die eigenthümliche Beschaffenheit der Epidermoidalzellen des Filamentes erwähnt, welche im ausgewachsenen Zustande sehr zierliche unregelmässig querverlaufende Verdickungsstreifen auf der Aussenseite der Membran erkennen lassen (Taf. II, Fig. 20). Man findet diese Beschaffenheit der Filamente namentlich bei Albizzia lophantha Benth.

6. Die 8 Fächer der peltaten Antheren sind nicht kuglig, sondern eiförmig, gegen die Mitte der Antheren, wo je 2 zusammentreffen, zugespitzt. Jedes der Fächer schliesst hier nur eine 8-zellige Pollengruppe von verhältnissmässig bedeutender Grösse ein; jede Pollengruppe besteht aus 2 Tetraden, deren Zellen sehr gross, nahezu noch einmal so gross als die der 16-zelligen sind; die Zellen der einen Tetrade sind alle an ihrer Aussenwandung abgerundet, von den Zellen ist die der querverlaufenden Mittellinie zunächst liegende deutlich zugespitzt (Taf. I, Fig. 1, 4). Die Hauptwand, durch welche die Pollengruppe halbirt wird, schneidet jedesmal die Längsaxe des Antherenfachs unter einem rechten Winkel; gegen das Connectiv ist sie jedoch schief geneigt und zwar ist die Wandung der einen Gruppe immer entgegengesetzt geneigt der Wandung der andern unter ihr liegenden Gruppe, es fallen somit die theilenden Wände der 4 oberen Antherenfächer in eine oder in parallele Ebenen und ebenso die theilenden Hauptwände der 4 unteren Antherenfächer. Wenn die Antheren mit 2 Längsspalten aufspringen, so treten die 8-zelligen eiförmigen Pollenmassen mit ihrem spitzen Ende heraus (Taf. I, Fig. 2), das jedoch nicht wie Mohl angiebt, mit einem drüsigen Anhang versehen ist, sondern frei ist und dann, wenn es eine kleine Zellgruppe trägt, dieselbe anderswo weggenommen zu haben scheint. Auch Rosanoff konnte von einem drüsigen Anhange der Pollengruppen Nichts entdecken.

---

1) Rosanoff l. c. 443 giebt von dieser Species 8-zellige Pollengruppen an.

Die Länge dieser Pollengruppen beträgt 0,135—0,15 Mm., ihre Breite 0,07—0,08 Mm. Bezüglich der Beschaffenheit der Membran dieser 8-zelligen Pollengruppen ist den Angaben Mohl's und Rosanoff's Nichts hinzuzufügen.

Die Arten, welche Antherenfächer wie die eben beschriebenen besitzen, gehören ausschliesslich der Gattung Calliandra Benth. an, es sind dies z. B. C. Houstoni Benth., C. squarrosa Benth., C. fasciculata Benth., C. myriophylla Benth. Hierher gehört auch als Synonym Inga anomala Kunth., von der zuerst derartige Pollengruppen durch Mohl beschrieben wurden. Wie aus der Uebersicht der Arten mit 16-zelligen Pollengruppen hervorgeht, gehören auch dahin einige Arten von Calliandra; es zeigt sich demnach in der Gattung Calliandra wie bei einigen andern Mimoseen-Gattungen ein verschiedenes Verhalten der Antheren. Beiläufig sei noch bemerkt, dass die Zellen des Filamentes eine deutlich punktirte Membran besitzen (Taf. I, Fig. 3).

Die einigermassen auffallende Beschaffenheit der Antheren fordert von selbst dazu auf, den Entwickelungsgang derselben zu ermitteln. Schon Rosanoff war es gelungen, in der mehrfach citirten Arbeit nicht unwichtige Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Antheren der Mimoseae zu liefern und auch Warming [1]) zog in seiner Arbeit über die pollenbildenden Phyllome und Caulome einzelne Vertreter der Mimoseae in den Bereich seiner Untersuchungen. Beide Autoren erklärten ihre Untersuchungen über diesen Gegenstand noch nicht für abgeschlossen und Warming fordert selbst zu erneuten Untersuchungen auf; beide Autoren hatten auch verhältnissmässig ungünstiges Material für die entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen gewählt, nehmlich Arten der Gattung Acacia, welche gerade die kleinsten Antheren in der Familie besitzen und dadurch, dass die Antherenhälften sehr stark gewölbt sind, die einzelnen Theile der Anthere nicht so stark hervortreten lassen. Auf Taf. I, Fig. 12 ist eine Anthere von Acacia verticillata dargestellt; man sieht selbst bei der günstigsten Einstellung des Tubus nicht die einzelnen Fächer gesondert, die einzelnen Pollengruppen bedecken einander zum grossen Theil. Viel günstiger für die entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen sind die ein wenig mehr in die Breite ausgedehnten Antheren von Albizzia lophantha Benth., welche ich in allen Stadien der Ent-

1) Warming: Untersuchungen über Pollen bildende Phyllome und Caulome p. 26 in Hanstein Bot. Abhandl. II. 2. (1873).

wickelung verfolgen konnte. Der Entwickelungsgang ist folgender: Die ersten Anlagen der Staubblätter, welche als kleine halbkuglige Höcker hervortreten, verlängern sich bald durch wiederholte Theilung in der Längsrichtung zu keulenförmigen Gebilden (Fig. 28, 29), deren oberer, etwas breiterer Theil a für die Anthere, deren unterer dünnerer Theil für das Filament bestimmt ist. Dass, wie Warming behauptet das Filament früher angelegt werde, als die Anthere, kann man doch wol nicht sagen, die Elemente für beide Theile des Staubblattes sind schon in den frühesten Zuständen vorhanden und die Entwickelung beider Theile schreitet ziemlich gleichmässig vor. Indess ist dieser Punkt weniger wichtig. Der obere, zur Bildung der Anthere bestimmte Theil grenzt sich bald scharf gegen das Filament ab und breitet sich in horizontaler Richtung nach allen Seiten hin ziemlich gleichmässig aus (Taf. III, Fig. 30); sehr bald wird auch in der Mitte der bis zu diesem Grade vorgeschrittenen Antheren eine leichte Einbuchtung sichtbar, welche dadurch entsteht, dass zu beiden Seiten durch Tangentialtheilungen ein stärkeres Wachsthum stattfindet, als in der Mitte. Es ist mir nun in mehreren Fällen gelungen in der zweiten Schicht des Periblems entweder zunächst der Mediane oder zunächst den beiden Rändern einzelne stärker lichtbrechende, durch Grösse vor den benachbarten kaum ausgezeichnete Zellen aufzufinden, man kann sich bei der Aufsuchung dieser Zellen namentlich durch diejenigen Zellen der ersten Periblemschicht leiten lassen, in welcher eine tangentiale Theilung stattfindet, fast immer sind es derartige in Theilung begriffene Zellen der ersten Periblemschicht (Fig. 30 t.), welche über den erwähnten Zellen der zweiten Periblemschicht, den Urmutterzellen des Pollens (Fig. 31, p.), liegen. Warming sagt (l. c. p. 27), er glaube es zwar als sicher betrachten zu dürfen, dass die Urmutterzellen der zusammengesetzten Pollenkörner bei den Mimosen wenigstens in einigen Fällen aus den äussersten Periblemzellen entstehen; dass es aber in andern Fällen, obgleich die Zellwände gerade sehr deutlich waren, ihm unmöglich gewesen sei, in der Anordnung derselben die Abstammung der Pollen-Urmutterzellen aus einer der Epidermis angrenzenden Zelle herauszufinden. Was wenigstens Albizzia lophantha Benth. anbetrifft, so kann ich es als gewiss hinstellen, dass die Urmutterzellen sich meistens mit ihrer längsten Seite an eine Periblemzelle der ersten Reihe anschliessen und dass, wenn einmal in den Zellen der ersten Periblemschicht weitere tangentiale Theilungen sichtbar

werden, diese Theilprodukte mit den Urmutterzellen eine Reihe bilden, wie dies beispielsweise an Fig. 31 zu ersehen ist. Bei derselben Pflanze fand ich auch nicht selten weiter vorgeschrittene Antheren, wo die Urmutterzelle schon bedeutend herangewachsen und nahezu doppelt so gross geworden war, als die benachbarten und wo auch in den anliegenden Zellen der ersten Periblemschicht noch keine weitere Tangentialtheilung stattgefunden hatte (Taf. III, Fig. 34). Wenn namentlich die längste Seite der Urmutterzelle an eine Periblemzelle der ersten Reihe angrenzt, so ist wohl anzunehmen, dass sie durch tangentiale Theilung derselben entstanden sei. Wenn allerdings später auch in den andern angrenzenden Zellen der ersten Periblemschicht tangentiale Theilungen eintreten (und das geschieht immer, sobald die Urmutterzelle etwas grösser geworden ist), dann ist es schwer zu bestimmen, von welcher Periblemzelle die Urmutterzelle abgeschnitten wurde (Taf. III, Fig. 36). In Folge der Furchung, welche zwischen je 2 die Urmutterzellen einschliessenden Zellgruppen eintritt und in Folge weiterer tangentialer und radialer Theilungen wird die ursprüngliche reihenförmige Anordnung der einzelnen Zellen bald gestört, wir können dann immer nur das mit Sicherheit constatiren, dass über der Urmutterzelle 2 Periblemschichten tafelförmiger Zellen liegen (Taf. III, Fig. 32, 33). Soviel ist auch sicher, dass mit der Bildung zweier der Epidermis anliegender Schichten die Anlage der Elemente, welche die Urmutterzellen nach aussen abschliessen, der Hauptsache nach beendet ist, es finden dann nur noch selten tangentiale Theilungen und zwischen den einzelnen Urmutterzellen auch radiale Theilungen statt, durch welche die Schichtencomplexe erweitert werden. Innerhalb der beiden angelegten Schichten, nehmlich der Epitelschicht, der Tapete Warming's und der Schicht des Endothecium's treten freilich bei weiterer Ausdehnung der Pollenmutterzellen noch radiale Theilungen auf; Warming hat solche nicht beobachtet, doch sind solche in Fällen wie Taf. III, Fig. 35 entschieden vorhanden; es wird eine Tapete ausgebildet, welche später schwindet. Nicht immer ist es nur eine Schicht, welche zwischen die Urmutterzellen der späteren Faserschicht liegt, sondern man nimmt nicht selten vor dem Schwinden der Tapete zwischen dieser und der Faserschicht noch eine Schicht tafelförmiger Zellen wahr (Taf. III, Fig. 35 g.). Im Ganzen hat die Anlage grosse Aehnlichkeit mit den von Warming bei den Compositen geschilderten Verhältnissen, nur mit dem Unterschiede, dass bei den

Compositen eine ununterbrochene Reihe von Pollenmutterzellen entstehen, während hier von einer solchen Reihe die oberste und unterste Zelle erhalten sind; der zwischen ihnen befindliche Raum aber zur Bildung eines die beiden Pollenmutterzellen trennenden Gewebes verwendet ist. Was nun die weitere Entwicklung betrifft, so bildet sich stets zunächst eine die Längsaxe der Anthere unter schiefem Winkel schneidende und die Urmutterzelle halbirende Querwand a (Taf. II, Fig. 21, 23); in der Regel sind die Querwände der Urmutterzellen einer Anthere in der Weise gegeneinander orientirt, wie dies in Fig. 21 dargestellt ist. Bald darauf entsteht eine auf a senkrecht stehende Wand b (Taf. II, Fig. 22, 24). Noch sind die Zellen der Tapete deutlich vorhanden, und zerdrückt man die Anthere, so treten die geviertheilten Zellen noch als kuglige Klumpen heraus, an denen eine ausgebildete Membran noch nicht deutlich wahrzunehmen ist. Die Ausbildung derselben erfolgt erst beim Schwinden der Tapete und bei der zugleich stattfindenden Tetradenbildung (Taf. II, Fig. 25). Die zur Bildung des Endotheciums bestimmten Zellen strecken sich in radialer Richtung und bekommen allmälig ihre Faserschicht. Somit ist also der Entwicklungsgang ganz analog den Fällen, wie sie in Warming's für die Kenntniss der Antherenbildung so wichtiger Arbeit mehrfach beschrieben sind.

Auch die zwischen je 2 Pollengruppen liegenden Zellschichten, also ausser der Tapete noch eine oder 2 andere querverlaufende Schichten werden resorbirt; denn in der mit einer Längsspalte sich öffnenden Antherenhälfte ist keine Spur einer die Pollengrupppen trennenden Schicht wahrzunehmen.

Versuchen wir nun aus den gegebenen zahlreichen Daten über die Beschaffenheit der Antheren der Mimoseae einen Ueberblick zu gewinnen und dieselben von einem einheitlichen Gesichtspunkt aus zu vergleichen, so ergiebt sich Folgendes:

Da bei sehr nah verwandten Arten einer und derselben Gattung oder nahestehender Gattungen Pollengruppen und isolirte Pollenkörner vorkommen, so ist anzunehmen, dass die dauernde Vereinigung der Theilprodukte einer Urmutterzelle nicht etwas wesentliches, die Familie der Mimoseae Characterisirendes, sondern durch andere Verhältnisse bedingt ist. Der Umstand aber, dass die nachweislich aus je einer Urmutterzelle entwickelten Pollengruppen von Acacia und Albizzia ganz oder nahezu übereinstimmen mit denen von Dichrostachys, Parkia und Adenanthera pavonina, weist

darauf hin, dass auch diese Pollengruppen aus je einer Urmutterzelle entstanden sind; da nun diese Pollengruppen in jedem Fach der Anthere eine einzige Reihe bilden, so kann man schon daraus, ohne die jungen Zustände gesehen zu haben, schliessen, dass hier eine Reihe von einzelnen Pollenmutterzellen vorhanden gewesen ist; ob dieselben ursprünglich aneinandergestossen haben oder nicht, kann man aus dem fertigen Zustande nicht sicher ermitteln, da jede Spur von Zellen, welche die einzelnen Pollengruppen getrennt hätten, fehlte. Es fehlt aber auch eine solche Spur derartiger Zellen in den reifen Antheren von Acacia, Albizzia, Inga, während doch dieselben vor der Ausbildung der Pollengruppen vorhanden waren. Es spricht die Abrundung und die vollständige Isolirung, das Vorhandensein eines Zwischenraums zwischen den einzelnen Pollengruppen bei Parkia, Dichrostachys und Adenanthera sehr dafür, das jede Pollengruppe mit einer eigenen Tapete versehen war, so wie die Pollengruppen von Acacia und Albizzia. Hätten die Urmutterzellen der Pollengruppen von Parkia oder Dichrostachys eine continuirliche Reihe gebildet, wie die Urmutterzellen des Pollens bei den Compositen, dann würde schwerlich jede Pollengruppe gerade so nach allen Seiten abgerundet sein, wie bei Acacia und Albizzia. Gerade die Abschliessung der einzelnen Urmutterzellen scheint mir auch zu bedingen, dass die Theilprodukte derselben mit einander bis zur vollendeten Reife der Pollenkörner im Zusammenhang bleiben. Schliesslich ist auch noch zu erwähnen, dass Inga affinis 4 und Inga edulis Mart. 5 Pollengruppen in einer Reihe besitzen, während die meisten andern Arten derselben Gattung 2 Pollengruppen besitzen, gerade so wie Acacia und Albizzia; es ist anzunehmen, dass zwischen den 4 oder 5 einzelnen Pollengruppen ebenso eine Trennungsschicht vorhanden gewesen sein wird, wie zwischen den beiden einer andern Art von Inga oder Acacia und Albizzia. Darnach nehme ich zuversichtlich an, dass die Antheren der Mimoseae sich gleich verhalten, mögen sie 2 Pollengruppen in dem einem gewöhnlichen Antherenfach entsprechenden Theile der Anthere enthalten oder 3 oder 4, 5, 12, 15 oder mehr; ich bin überzeugt, dass, wenn es einmal gelingt, junge Zustände der Antheren von Parkia zu untersuchen, diese zwischen den einzelnen Urmutterzellen andere Zellschichten zeigen werden. Nun tritt aber auch die Frage an uns heran: wie sollen wir derartige Antheren bezeichnen? Man hat immer die Antheren der Gattungen Acacia, Inga, Calliandra und Albizzia als aus-

nahmsweise 8-fächrige bezeichnet, dann müsste man aber bei Inga affinis von 16-fächrigen, bei Inga edulis von 20-fächrigen Antheren, bei Parkia von 48—60-fächrigen Antheren sprechen, Bezeichnungen, die schon darum nicht passend sind, weil dann nahe verwandte Formen normal 2-fächrige Antheren besitzen würden und weil auch in der That eine Zurückführung auf die 4 Haupttheile der normalen Anthere möglich ist.[1]) Demnach halte ich es für besser, von 4 getheilten Fächern einzelner Mimoseae zu sprechen; dann ist es leichter, dieselben mit den übrigen nahestehenden Mimoseae und allen andern Metaspermen in Beziehung zu bringen.

Nach meiner Darstellung stehen also die Fälle 6, 5, 4, 3, welche oben beschrieben wurden, mit einander in enger Verbindung; sie sind alle nur Variationen eines zu Grunde liegenden Typus, der zunächst die Eigenthümlichkeit hat, dass nur eine Reihe von Urmutterzellen an jeder Längskante der Anthere angelegt wird welche alle zunächst durch eine Quertheilung und nicht wie in so vielen andern (durch Warming ausführlich beschriebenen Fällen) durch eine Längstheilung (Orientirung nach den Axen der Anthere) zur Bildung von Tochterzellen schreiten; bei Calliandra erfolgen keine weiteren Theilungen vor der Tetradenbildung, bei den übrigen dagegen erfolgen noch eine oder mehr Theilungen (da, wo die Pollengruppen aus mehr als 4 Tetraden bestehen) in einer Richtung, welche sich mehr oder weniger der Längsaxe der Anthere nähert und schliesslich die Tetradenbildung. Eine andere gemeinsame Eigenthümlichkeit der 4 genannten Fälle dürfte die sein, dass zwischen denjenigen einzelnen Periblemzellen, welche zur Bildung von Urmutterzellen des Pollens verwendet werden, andere liegen, welche nur an der Bildung des Endotheciums und der Tapete

---

1) Etwas ganz Analoges findet sich bei manchen Orchideen, z. B. Bletia floribunda, woselbst jede Antherenhälfte durch 2 aufeinander senkrecht stehende Wände in 4 Fächer getheilt ist, man müsste demnach da von 8-fächrigen Antheren sprechen. Diesen würden dann andere Orchideen gegenüberstehen, bei denen die Antheren nur unvollständig 4-fächrig sind, z. B. Stanhopea und Trichopilia suavis Lindl., wo die beiden Fächer einer Hälfte sich mit einander vereinigen, während doch die Bildung der Pollenmutterzellen von 4 Stellen des Staubblattes ausging. Eine einheitliche Auffassung ist daher hier nur dann möglich, wenn man allgemein von 4 Fächern der Antheren spricht, welche ausnahmsweise (wie bei Bletia) getheilt sein oder andererseits (wie bei Stanhopea und Trichopilia) mit einander verschmelzen können. Auch bei Berberis vulgaris treten frühzeitig die Pollenmutterzellen beider Staubblattseiten mit einander in Verbindung, so dass anstatt der 4 normalen Fächer nur 2 Fächer in jeder Anthere vorgefunden werden.

theilnehmen, wie dies auch der Fall ist bei den Orchideen Bletia floribunda, Phajus cupreus und andern, deren Antherenfächer dadurch getheilt werden. Wenn bei andern Mimoseae die Pollenkörner nicht in Gruppen vereinigt bleiben, sondern sich vor dem Heraustreten aus den Antherenfächern trennen, so dürfte dies darin seinen Grund haben, dass die Urmutterzellen eine geschlossene Reihe bilden und nicht zu einer für sich abgeschlossenen Entwicklung genöthigt sind. Bei Adenanthera chrysostachys Benth. fand ich die Lagerung der einzelnen Pollenkörner analog derjenigen der einzelnen Bestandtheile der Gruppen von Adenanthera pavonina L., so dass die Annahme nahe liegt, dass hier eine continuirliche Reihe von Urmutterzellen dieselben Theilungen durchgemacht hat, wie in den andern Fällen die abgeschlossenen. Wenn aber bei Stryphnodendron coriaceum Benth. und den andern Arten derselben Gattung 16-zellige Pollengruppen in jedem Antherenfach 2 Reihen bilden und bei den Arten von Piptadenia die Antherenfächer mit 8-zelligen Gruppen dicht erfüllt sind, so sprechen diese Fälle gegen die Annahme einer einzigen Reihe von Urmutterzellen an jeder Kante, und es würden dann die Mimoseae auch hierin mit der Compositae übereinstimmen, wo ja sogar in derselben Anthere einzellige Stränge und einzellige Schichten von Urmutterzellen angelegt werden (vergl. Warming l. c. Taf. II, Fig. 8). Es scheint mir im Ganzen kein allzugrosser Werth darauf zu legen, ob ein einzelliger Strang oder eine einzellige Schicht von Urmutterzellen angelegt werden; indessen ist es wünschenswerth, dass noch weitere Untersuchungen an frischem Material von Mimoseae vorgenommen werden, um namentlich zu entscheiden, ob auch bei den Mimoseae mit getrennten Pollenkörnern nur eine Reihe von Urmutterzellen vorhanden ist; ich hoffe darüber selbst, wenn ich das nöthige Material zur Untersuchung haben werde, Aufschluss geben zu können. Bei Mimosa pudica ist es mir bis jetzt noch nicht gelungen, die Zahl der Mutterzellenreihen an jeder Kante zu bestimmen.

Anmerkung. An die eigenthümliche Beschaffenheit der Antheren gewisser Mimoseae erinnern auch die Antheren der Gattung Rhizophora L. Dieselben sind ziemlich gross, sitzen auf sehr kurzen Filamenten und sind im Querschnitt dreiseitig und zwar so, dass die Spitze des gleichseitigen Dreiecks der Axe zugewandt ist. Die beiden nach innen zugekehrten Flächen der Anthere sind die Pollen entwickelnden; eine genauere Untersuchung zeigt, dass von

einander durch einfache Zellschichten getrennte Pollengruppen in longitudinal geradliniger Anordnung die beiden Flächen bedecken. Gewöhnlich finden sich jederseits 3—4 solcher Reihen von sphaeroidischen Pollengruppen, während in der Nähe der vordern Kante auch 4 Reihen verlaufen, welche unter sich im engen Zusammenhang stehen, von den beiden andern Gruppen aber durch eine nicht Pollen tragende Furche getrennt sind. Jeder der 3 Complexe von Pollengruppen ist von einer gemeinsamen Faserzellenschicht bedeckt. Noch sei es bemerkt, dass die zahlreichen Pollenzellen eines solchen secundären Antherenfaches in keiner Weise mehr miteinander zusammenhängen. Offenbar ist hier eine Aehnlichkeit mit dem oben geschilderten Verhalten von Parkia vorhanden; doch sind hier nicht bloss 4 den 4 Antherenfächern entsprechende Reihen von Pollengruppen vorhanden, sondern mehr; die Zellschichten, welche die Pollengruppen trennten, sind hier noch zur Zeit der Reife erhalten, dort verschwunden und endlich sind hier die Pollenkörner isolirt, dort zu einer zusammenhängenden Gruppe verbunden. Möchte auch das interessante Verhalten der Antheren von Rhizophora Mangle L. durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen von Seiten derjenigen aufgeklärt werden, welche frisches oder in geeigneter Weise conservirtes Material erlangen können.

II. Ueber die Antheren der Orchideae.

In der schon oben citirten Arbeit bespricht Warming auch die Antheren der Orchideen; er sagt, dass er deren Entwicklung aus eigener Anschauung nicht kenne, dass aber doch gerade hier das Verhältniss für die Auffassung der Urmutterzellen-Schichten ungemein günstig zu sein scheine. Warming[1]) spricht dies aus einerseits mit Bezug auf die Angaben Reichenbach's[2]), andererseits mit Bezug auf die Zeichnungen und Worte Wolf's[3]). Da aber die Zeichnungen des ersteren etwas schematisch sind, die des andern nur den habituellen Character einer durchschnittenen

1) Warming l. c. 77—79.

2) N. G. Reichenbach: de pollinis Orchidearum genesi ac structura et de orchideis in artem ac systema redigendis, Lipsiae 1852, p. 7 u. 8.

3) Wolf, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Orchideenblüthe in Pringsheim's Jahrbüchern IV. Bd. 1865—66, p. 266: „die grossen Urmutterzellen des Pollens erscheinen auf dem Querschnitt bei schwacher Vergrösserung wie Markstrahlen, welche von der Scheidewand nach beiden Seiten auslaufen."

Orchideenanthere wiedergeben, und mit der Auffassung, welche Warming auch für die Orchideen annehmbar erscheint, die Auffassung Hofmeister's[1]) vollständig im Widerspruch steht, so war es nothwendig, noch einmal den Entwicklungsgang der Antheren der Orchideen mit Rücksicht auf die verschiedenen Anschauungen zu untersuchen.

Versuche, an Warmhaus-Orchideen so junge Zustände aufzufinden, welche über die Entwicklung der Urmutterzellen in den Antheren der Orchideae keinen Zweifel liessen, blieben erfolglos; stets waren die Urmutterzellen schon in sehr grosser Masse entwickelt, wenn auch der Blüthenstand noch ganz zwischen den Blättern versteckt war; doch fand ich einzelne Fälle, wo auch das schon weiter vorgeschrittene Stadium der Entwicklung die Warming'sche Deutung sehr nahe legte. In jungen Antheren von Phalaenopsis amabilis Blume (Fig. 38) kann man auf das Deutlichste erkennen, dass die noch nicht zur Tetradenbildung vorgeschrittenen Urmutterzellen der Pollenkörner gerade Reihen bilden, welche auf der Längsaxe der Antherenhälfte nahezu senkrecht stehen; ferner sieht man, dass die Urmutterzellen jeder Reihe (p) sich mehr oder minder deutlich fortsetzen in die schon radial getheilten Zellen der Tapete (t), und in die ausserhalb derselben liegenden Zellen (tg), welche zweifellos durch Tangentialtheilung der Zellen der ersten Periblemschicht (pbl) hervorgegangen sind.[2])

---

1) Hofmeister: Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen II., in Abhandl. d. K. Sächs. Ges. d. Wiss. 1861, p. 632: „Jede massula (bei den Ophrydeen u. Ceriorchideen) ist die aus der wiederholten Theilung einer einzigen Urmutterzelle des Pollens hervorgegangene Gruppe von Zellen.“ Uebrigens schliesst sich auch Wolf vollkommen der Ansicht Hofmeister's an; denn er sagt p. 266 unmittelbar nach den unter 3) citirten Worten: „auf Zusatz von Chlorzink-Jodlösung färben sich deren Wände schön blau, und da sich der Inhalt zusammenzieht, kann man deutlich sehen, wie eine einzige Zelle den ganzen Complex von Specialmutterzellen einer massula umschliesst.“ Ferner erklärt er sich bei Beschreibung der Blüthenentwicklung von Orchis Morio (p. 271) ausdrücklich in Uebereinstimmung mit Hofmeister und sagt: „Jede massula der Pollinien ist eine ursprüngliche Urmutterzelle des Pollens, welche durch wiederholte Theilung die ganze Gruppe von Zellen einer massula bildete, wie dies aus früheren Antherenzuständen hervorgeht.“

2) Auf meiner Zeichnung sind die Zellen der unter der ersten Periblemschicht liegenden Schicht absichtlich hell gelassen, um sie besser hervortreten zu lassen, sie sind aber so wie die Zellen der ersten Periblemschicht mit feinkörnigem Protoplasma reich erfüllt; die Urmutterzellen sind durch das starke Lichtbrechungsvermögen und die stark aufgequollenen, sich hier und da abrundenden Wände ausgezeichnet; zwischen den Zellen der Scheidewand der beiden Mutterzellengruppen befinden sich zahlreiche Intercellularräume, welche mit Luft erfüllt sind.

Es erinnert die ganze Anordnung der Urmutterzellen so sehr an andere von Warming besprochene Fälle, z. B. an Scopolia atropoides auf Taf. 2, Fig. 11—18, dass man schon durch solche Zustände sich zu dem Schluss berechtigt halten konnte, dass die grossen Pollenmassen der Orchideen nicht anders entstehen, als bei so vielen Ditotyledonen. Noch wahrscheinlicher wird die Entwicklung sämmtlicher Urmutterzellen nebst der sie begrenzenden Tapete und Faserschicht aus einer Periblemschicht durch das Verhalten junger Zustände der Antheren von Cypripedium venustum Wall., wie dieselben in Fig. 39 u. 40 dargestellt sind. Die Schnitte sind von Antheren angefertigt, welche sich in Blüthen befanden, die nur 4—5 Mm. lang und noch ganz zwischen den Blättern eingeschlossen waren. Nichtsdestoweniger war auch schon hier, wie aus Fig. 40 zu ersehen, die Theilung der Zellen soweit vorgeschritten, dass man die Entwicklung der Urmutterzellen aus der ersten Periblemschicht wohl als sehr wahrscheinlich, jedoch noch nicht als sicher annehmen kann. Man bemerkt, dass die Zellen in geraden Reihen angeordnet sind, welche sich bis in die erste Periblemschicht fortsetzen lassen, man sieht, dass die meisten Scheidewände zwischen diesen Zellen tangential verlaufen, bemerkt auch einzelne radial verlaufende Wände, durch welche einzelne Urmutterzellen getheilt werden; kann aber noch nicht sicher entscheiden, ob nicht auch die inneren Zellschichten an der Bildung der Urmutterzellenmasse theilgenommen haben. Auf Schnitten durch noch weiter vorgeschrittene Antheren sind in Folge der vielen nachträglichen Theilungen der zuerst abgeschnittenen Zellen und der vielfachen Abrundung der Wände die Verhältnisse noch weniger klar in die Augen springend, wiewol man immerhin noch die Spuren der ursprünglich radialen Anordnung der Zellen erkennt. Der sicherste Beweis für die Entstehung der ganzen Urmutterzellenmasse aus der ersten Periblemschicht ergiebt sich erst aus der Betrachtung von Querschnitten, die man durch die jungen, von Blättern ganz eingeschlossenen, schon im Spätherbst und Winter unter der Erde vorgebildeten Blüthenstände unserer einheimischen Orchideen macht. Auf diese Weise erhielt ich zahlreiche Querschnitte der Staubblätter von Orchis latifolia und Ophrys Arachnites in den verschiedensten jugendlichen Stadien und mit den ersten Anfängen der Urmutterzellenbildung (Taf. XXIII, Fig. 41—45).

Die Querschnitte der jüngsten Staubblattanlagen weichen nur dadurch von denen der übrigen Blattgebilde der Blüthenformation

ab, dass die beiden Hälften nicht einen zugeschärften Rand besitzen, sondern an den Rändern abgerundet sind; auch kommen bei den jüngsten Staubblättern im Querschnitt nahezu gleich viel Zellen, meist 4—5 auf jede Linie, die senkrecht auf der Längsaxe des Querschnittes durch eine Antherenhälfte steht, d. h. das Staubblatt ist Anfangs überall nahe zu gleich dick; schon sehr früh ist das Blatt etwas eingefaltet und manchmal schwach gekielt; jedenfalls schneiden sich schon sehr früh, wenn das Staubblatt noch überall gleich dick ist, die durch jede Hälfte gelegten Längstheilungsebenen (Fig. 42 M.) unter einem rechten oder mehr weniger stumpfen Winkel. An etwas weiter vorgeschrittenen Staubblättern bemerkt man in einzelnen Zellen der ersten Periblemschicht tangentiale Theilungen (Orchis latifolia Fig. 42) und an den Querschnitten noch anderer, weiter vorgeschrittener Staubblätter sieht man deutlich, dass an die Zellen, welche offenbar durch Tangentialtheilung aus der ersten Periblemschicht hervorgegangen sind, sich in gleicher Weise 1 oder 2 andere nach innen liegende Zellen anschliessen, so dass über die Entstehung sämmtlicher Zellen einer solchen Reihe aus einer Periblemzelle kein Zweifel sein kann. Fig. 41 stellt einen solchen Querschnitt durch die eine Hälfte eines jungen Staubblattes von Ophrys Arachnites dar, in welchem zu beiden Seiten der Längstheilungsebene M von der ersten Periblemschicht aus Reihen von Urmutterzellen der Pollenkörner gebildet werden. Sowol diese Figur als die in Fig. 43 gegebene Darstellug eines jungen Staubblattes von Orchis latifolia zeigen deutlich, dass 2 Mutterzellengruppen der Vorderseite und 2 andere der Rückseite des Staubblattes angehören; ferner ist auch ersichtlich, dass die Anschwellung der beiden Staubblatthälften vorzugsweise auf der von aussen nach innen vorschreitenden Zellenvermehrung beruht. Wenn also namentlich später bei vollkommen entwickelten Staubblättern derselben und anderer Orchideen die 4 mächtigen Pollenmassen auf der morphologischen Innenseite des Blattes zu liegen scheinen, so ist das eben nur scheinbar der Fall; es sind in Folge stärkeren Wachsthums der morphologischen Aussenseite des Staubblattes die beiden hintern Antherenfächer mehr nach vorn gerückt. Fig. 44 und 45 stellen Querschnitte durch weiter vorgerückte Staubblätter von Orchis latifolia dar und zeigen ebenfalls, dass die Verdickung der Staubblattränder vorzugsweise eine Folge ist von der Bildung der Urmutterzellen der Pollenkörner, dass aber die zwischen diesen Gruppen liegenden Zellen sich in viel geringerem Grade

vermehren. Hält man diese Entwicklungszustände mit den weiter vorgeschrittenen und oben beschriebenen von Phalaenopsis und Cypripedium zusammen, so bleibt gar kein Zweifel, dass die Staubblätter der Orchideen ihre Antheren in ganz derselben Weise entwickeln, wie dies Warming für viele Dicotyledonen nachgewiesen hat. Die oben angeführte Ansicht Hofmeister's und Wolf's über die Antherenbildung der Orchideae findet in den beschriebenen Thatsachen ihre Widerlegung. Es kommen bei mehreren Orchideae noch mancherlei Eigenthümlichkeiten vor, die aber für die vorliegende Frage als unwesentlich zu bezeichnen sind. Wenn bei Bletia florida die Antheren 8-fächrig werden, so ist das, wie ich schon gelegentlich der Mimoseae besprochen habe, eine Theilung der ursprünglich angelegten 4 Fächer, ganz entsprechend der einmaligen oder mehrmaligen Theilung der Antherenfächer vieler Mimoseae, beruhend auf der Ausschliessung einzelner Periblemzellen von dem Vermehrungsprocess der andern Zellen derselben Schicht. Andererseits beobachtet man bei andern Orchideae z. B. Trichopilia suavis Lindl., den Arten der Gattung Stanhopea und andere Gattungen der Vandeae, dass die Fächer einer Hälfte mit einander verschmelzen; bei Stanhopea (Fig. 47) treten die beiden Antherenfächer auf der Vorderseite mit einander in Communication, ebenso bei Cymbidium aloifolium, bei Trichopilia suavis Lindl. (Taf. XXIII, Fig. 46 a—i) ersieht man aus mehreren auf einander folgenden Querschnitten, dass die oben noch getrennten Antherenfächer einer Hälfte erst an der Rückseite und dann auch an der Vorderseite mit einander völlig verschmelzen, so dass die ursprünglich 2-fächerige Antherenhälfte 1-fächerig wird. Diese auch bei den Ophrydeae auftretende Erscheinung beruht höchstwahrscheinlich auf einer Verdrängung der mittleren Zellschicht durch die von beiden Seiten vordringenden Massen der Urmutterzellen, wenigstens will mir dies bei Trichopilia und Stanhopea so erscheinen; bezüglich Orchis maculata und anderer Ophrydeae behauptet Wolf (l. c. 266) dass die beiden Pollinien eines Antherenfaches so lange getrennt seien, bis sie das Viscin nach theilweiser Resorption der Scheidewand mit einander verkittet; das Viscin ist aber seiner Ansicht nach entstanden durch Verflüssigung von Zellwänden solcher Zellen, die wir als Resultat einer unvollkommenen Pollenbildung anzusehen haben (Wolf l. c. 297); somit ist also schliesslich doch die theilweise Resorption der Scheidewand als eine durch die vordringenden Pollenmutterzellen ver-

ursachte Verdrängung anzusehen. Eine andere Eigenthümlichkeit der Antheren einzelner Orchideen, welche jedoch bei Stanhopea[1]) am stärksten hervortritt, ist das aus mehreren Zellschichten bestehende und die Pollenmassen einschliessende Fasergewebe, es bleibt noch übrig zu ermitteln, ob mehrere von den Anfangs gebildeten Periblemschichten an der Bildung derselben theilnehmen oder ob nur eine Schicht durch nachträgliche zahlreiche Theilungen dazu umgebildet wird.

III. Ueber die Antheren der Asclepiadaceae.

Die Staubblätter der Asclepiadaceae[2]) zeigen so viele Eigenthümlichkeiten, dass es auf den ersten Blick schwer scheint, deren Beschaffenheit mit dem normalen Verhalten in Einklang zu bringen. Abgesehen davon, dass die Pollenkörner bis zu ihrer Entfernung aus den Pollenfächern mit einander in eine Masse vereinigt bleiben, wie bei den meisten Orchideen, so erscheinen sie durch Folgendes abweichend:

1) Die Antheren der meisten, mit Ausnahme der wenigen Periploceae und Secamoneae besitzen nur 2 Fächer, welche sich an ihrem obern Ende öffnend die eingeschlossenen Pollenmassen heraustreten lassen, so dass dieselben an den Drüsen des Narbenkopfes hängen bleiben.

2) Die Wandung der Antherenfächer besteht aus zahlreichen (5—8) Zellenschichten, deren Zellen keine faserigen Verdickungen zeigen. In dieser Beziehung schliessen sich also die Asclepiadaceae an manche Solanaceae (Solanum macrophyllum), Caesalpinieae (Cassia marylandica), Myrtaceae (Heterocentrum roseum, Monochaetum ensiferum, Centradenia rosea), Tremandraceae (Tetratheca ericaefolia, T. confertifolia) und alle Ericinae (Rhodoraceae, Monotropeae etc.) an, bei denen allen das Endothecium mehrschichtig und aus nicht verdickten Zellen zusammengesetzt ist.[3])

An diese abweichenden Verhältnisse der Asclepiadaceae knüpfen sich nun einige nicht unwichtige Fragen. 1) Sind die 2 vorhandenen

---

1) Vergl. auch Wolf l. c. Taf. XVIII, Fig. 17. Querschnitt durch einen Theil der Anthere von Eria flava.

2) Chatin hat in seiner grossen Arbeit über die Anthere die Asclepiadaceae gar nicht erwähnt; auch Warming geht nicht auf deren Besprechung ein.

3) Vergl. hierüber Chatin l. c. Taf. VI—X.

Fächer der Antheren wie bei mehreren Orchideae durch Verschmelzung zweier Fächer derselben Anthere zu Stande gekommen oder sind überhaupt nur 2 Fächer entwickelt worden, während bei den Periploceae und Secamoneae normal 4 Fächer ausgebildet werden? 2) Falls es sich erweist, dass nur 2 Antherenfächer angelegt werden, sind dieselben dann als vordere oder hintere anzusehen? 3) Was ist der Grund dieser eigenthümlichen Erscheinung? 4) Erfolgt auch hier die Bildung der Pollenmutterzellen durch Theilung der Zellen der ersten Periblemschicht oder sind dieselben aus tiefer im Innern des Staubblattes liegenden Zellschichten hervorgegangen, da doch die Pollenmasse von aussen durch die Tapete, ein mehrschichtiges Endothecium und die Epidermis abgeschlossen ist?

Diese Fragen beantworten sich durch aufmerksame Betrachtung einiger Längsschnitte durch die ganze Blüthe und zarte Querschnitte durch Staubblätter verschiedenen Alters, namentlich durch sehr junge.

Die Zahl der zugänglichen Asclepiadaceae ist eine sehr geringe, die in den Gewächshäusern cultivirten besitzen meist kleine Blüthen oder wenigstens sehr kleine Staubblätter und so ist für die Untersuchung der Entwicklung der Antherenfächer Asclepias syriaca noch immer am Besten geeignet.

Da zeigt sich nun, dass in der That nur 2 Fächer angelegt werden und zwar sind dies die beiden vorderen, die deshalb allein zur Entwicklung gelangen, weil zu der Zeit, wo die Bildung der Pollenmutterzellen beginnt, die hintere Hälfte des Staubblattes noch nicht vollständig entwickelt ist. Man sieht deutlich, wie die Rückseite der vorderen Staubblatthälfte an die jungen Blumenblattanlagen angepresst ist; die hintere, blumenblattartig sich ausbildende Hälfte des Staubblattes entwickelt sich erst später und bildet das bekannte Anhängsel des Staubblattes oder einen Theil des früher fälschlich Paracorolle genannten Gebildes. An jungen Staubblättern sieht man ferner deutlicher als wie irgend wo anders, zu beiden Seiten der Mediane gerade Zellreihen, welche der Medianebene parallel verlaufen, unmittelbar unter der Epidermis beginnen und je nach dem Alter mehr oder weniger weit in das Innere des Staubblattes hineinreichen. Bei ganz jungen Staubblättern, welche noch fast überall gleich dick sind und kaum eine mediane Furchung auf ihrer Vorderseite zeigen, sieht man in jeder Reihe nur 2—4 gleich grosse Zellen; bei weiter vorgeschrittener

Entwicklung nimmt einerseits die Zahl der Zellen bedeutend zu, andererseits zeigen bald die zu Pollenmutterzellen bestimmten ein anderes Lichtbrechungsvermögen, als die zur Bildung des mehrschichtigen Endotheciums bestimmten. Erst, wenn für das Endothecium 5—7 Zellschichten gebildet sind, nehmen die bis dahin ebenso grossen Pollenmutterzellen an Grösse zu und erreichen bald den doppelten Durchmesser der Zellen des Endotheciums und auch der Tapete. In Folge der Vergrösserung der Pollenmutterzellen treten dann in den Zellen des Endotheciums radiale Theilungen ein, so dass im entwickelten Zustande das Endothecium gar nicht mehr die ursprüngliche reihenweise Anordnung der Zellen erkennen lässt. Hingegen bleiben die Pollenmutterzellennoch lange in geraden Reihen und noch bei weit vorgeschrittener Entwicklung erscheint die ganze Pollenmasse eines Faches auf dem Querschnitt aus Längsstreifen zusammengesetzt. Somit lassen sich also auch die scheinbar abweichenden Antheren der Asclepiadaceae ebensogut auf den gemeinsamen Typus der Antheren der Metaspermen zurückführen, wie die Antheren der Orchideae und Mimoseae; von einer grossen Urmutterzelle, aus der sich sämmtliche Pollen eines Antherenfaches entwickeln, ist hier ebenso wenig die Rede, wie bei den Orchideae. Schliesslich glaube ich auch annehmen zu können, dass das für die Asclepiadaceae nachgewiesene entwicklungsgeschichtliche Verhalten im Wesentlichen auch für die Ericinae, Solanaceae, Tremandraceae, Myrtaceae etc. gelten wird, bei welchen die Antheren mit einem mehrschichtigen Endothecium versehen sind.

Anmerkung. Dr. Rudolf Neumann, der in einem mir erst später zu Gesicht gekommenen Aufsatz in der Botanischen Zeitung von 1854 Nr. 21—23 die antherae anticae und posticae und deren Uebergänge in einander bespricht, ist (l. c. p. 374) der Meinung, dass bei den Asclepiadeae die auf der Oberseite entwickelten Thecae nicht weiter in Loculamente getheilt seien; die Thecae werden aber überhaupt nicht getheilt, sondern die Loculamente sind durchaus selbstständige Bildungen, die sich erst später durch Schwinden der Scheidewand zu einer Theca vereinigen können; bei den Asclepiadeae mit 2 Loculamenten ist dies für gewöhnlich ausgeschlossen, doch sollen nach Eichler (Blüthendiagramme p. 254) mitunter die beiden vorderen Fächer in eines zusammenfliessen.

IV. Ueber die sogenannten introrsen und extrorsen Antheren.

Es bestehen bei vielen Botanikern noch mehrfache Zweifel darüber, ob die Antherenfächer einer Anthere nur einer Seite des Staubblattes angehören, ferner darüber, ob in den Fällen, wo die Antheren auf einer Seite des Staubblattes zu liegen scheinen, dieselben auch da entstanden sind, es handelt sich also darum, ob bei den Metaspermen die Fächer der sogenannten introrsen Antheren der morphologischen Oberseite und die Fächer der sogenannten extrorsen Antheren der morphologischen Unterseite des Staubblattes angehören. Cassini[1]) war der Ansicht, dass die Antheren so aus dem Blatt entstehen, dass nur der Mittelnerv des letzteren übrig bleibe, die Seitennerven verschwinden und durch Wucherung des Parenchyms die Seitenhälften des Blattes anschwellen und sich mit Pollenkörnern anfüllen; die Furchen, in welchen die Antheren aufspringen, sollen die Blattränder sein. Dieselbe Ansicht wurde unabhängig von Cassini durch Roeper[2]) aufgestellt, auch schloss sich derselben E. Meyer[3]) an. Nach der Ansicht dieser Autoren gehören also 2 Antherenfächer der Unterseite, 2 der Oberseite des Blattes an. Dagegen nimmt Bischoff[4]) an, dass die Nath der Antheren nicht aus dem Blattrande entstehe, sondern dass auf jeder Seite des Mittelnerven beide Loculamente des Antherenfaches sich auf der obern Blattfläche innerhalb des Blattrandes ausbilden. Ad. Barth[5]) und H. v. Mohl[6]) treten im Wesentlichen dieser Ansicht bei, dass sich beide Antherenhälften auf der oberen Blattfläche bilden, während Sachs[7]) noch die Möglichkeit offen lässt, dass in einzelnen Fällen wie bei Akebia quinata die Antheren auf der untern Blattfläche entstehen. Die Ansicht De Candolle's[8]), wonach die Antheren sich so aus dem Blatt bilden, dass sich dessen Ränder einwärts rollen, dem Mittelnerven anschliessen und so auf beiden Seiten ein zur Aufnahme

1) Cassini: Opuscules physiologiques T. II. 349.
2) Roeper: Enumer. Euphorb. p. 44.
3) E. Meyer, de Houttuynia, p. 23.
4) Bischoff, Lehrbuch der Botanik I. 334.
5) Ad. Barth, Beobachtungen über die Umwandlungen von Antheren in Carpelle, Inauguraldissertion, Tübingen 1836 und in Flora 1836 n. 33 p. 513.
6) H. v. Mohl, Vermischte Schriften, p. 42.
7) Sachs, Lehrbuch, 6. Aufl. p. 526.
8) De Candolle, Organographie végétale I. 465. 552.

des Pollens bestimmtes Fach bilden, gehört ebenso nur der Geschichte an, wie die Ansicht Turpin's, welcher in der Scheidewand der Loculamente ein der Placenta der Samenknospen analoges Gebilde zu finden glaubte. Schliesslich frägt es sich, ob in der ganzen Reihe der Metaspermen eine ursprünglich gleichartige Entwicklung der Antheren anzunehmen sei und ob die Mannigfaltigkeiten im Bau der Antheren Erklärungen zulassen, welche die Annahme einer ursprünglich gleichartigen Entwicklung rechtfertigen. Warming, der durch seine schöne grundlegende Arbeit zur Entscheidung dieser Frage wohl berechtigt war, lässt dieselbe unberührt; allerdings musste ihm als einem Verfechter der pollenbildenden Caulome eine einheitliche Auffassung ferner liegen, als andern Botanikern, welche auf dem Standpunkt der Descendenztheorie stehend in den sogenannten axilen Antheren zwar durch irgend welche Verhältnisse terminal gewordene Phyllome; aber keineswegs echte Caulome erblicken.

An den Staubblättern von verhältnissmässig wenig Metaspermen sind die Antherenfächer deutlich so angeordnet, dass sie den 4 Kanten des Staubblattes entsprechen; am Querschnitt derselben erscheinen Vorder- und Hinterseite des Staubblattes vollkommen gleich und die durch die beiden Antherenhälften gelegten Längstheilungsebenen fallen entweder in eine zusammen oder schneiden sich unter einem sehr stumpfen Winkel, man muss hier in der fertigen Anthere an jeder Hälfte vorderes und hinteres Fach unterscheiden. So liegt die Sache bei den meisten Sambuceae, Verbasceae, Oleaceae, Jasminaceae, einzelnen Umbelliferae, Saxifrageae, Crassulaceae (hier besonders deutlich), Mesembryanthemeae, Onagrarieae, Melastomaceae, Myrtaceae, Roseae, Dryadeae, Ochnaceae, Ranunculaceae, Papaveraceae, Cistineae, Frankeniaceae, Nyctagineae, Datisceae, einzelnen Begoniaceae, Verbenaceae, Empetreae, Sparganieae, Najadeae, Butomeae, jedoch verhalten sich nicht immer alle Gattungen einer Familie vollkommen gleich. Hier hat sich also die Hinterseite des Staubblattes nicht oder nur wenig stärker entwickelt als die Vorderseite, der Fibrovasalstrang befindet sich auch meistens vollkommen in der Mitte des Staubblattes. Dem fertigen Zustand entspricht auch die ursprüngliche Anlage, in welcher die Bildung der Pollenmutterzellen gleichzeitig an den 4 Kanten des Staubblattes beginnt.[1])

Vergl. Warming l. c. Taf. I. Fig. 17 (Eschholtzia); ich selbst untersuchte näher aus dieser Abtheilung: Verbenaceae (Clerodendron fragrans), Jasminaceae

In den meisten Familien der Metaspermen jedoch schneiden sich die Längstheilungsebenen der beiden Antherenhälften unter einem stumpfen Winkel von 100—120°, 2 Antherenfächer liegen auf der Vorderseite, 2 andere stehen seitlich, der Fibrovasalstrang erscheint immer mehr der Hinterseite des Staubblattes genähert. Diese Lage der Antherenfächer zeigen die meisten Arten folgender Familien: Compositae, Calycereae, Campanulaceae, Dipsaceae, Valerianeae, Rubiaceae, Loganiaceae, Gentiancae, Convolvulaceae, Cuscuteae, Polemoniaceae, Hydrophyllaceae, Hydroleaceae, Borraginaceae, Cordiaceae, Nolanaceae, Solanaceae, Globulariaceae, Plantagineae, Plumbagineae, Primulaceae, Myrsineae, Styraceae, Vaccinieae, Ericineae, Pittosporaceae, Staphyleaceae, Celastraceae, Ampelideae, Rhamnaceae, Bruniaceae, viele Umbelliferae, Araliaceae, Escallonieae, Francoaceae etc. etc., von Monocotyledonen: Haemodoraceae, Hypoxideae, Amaryllideae, Dioscoreaceae, einzelne Melanthaceae, Smilaceae, Liliaceae, Pontederiaceae, Juncaceae, Eriocauleae, Gramineae, Palmae, und einzelne Alismaceae, auch die durch mangelhafte Entwicklung des Connectivs ausgezeichneten Antirrhineae, einige Gesneraceae, Bignoniaceae, Labiatae, einige Verbenaceae und Acanthaceae gehören dieser Gruppe an.

Die meisten Untersuchungen Warming's erstrecken sich auf Pflanzen dieser Familien, so Solaneae, Verbenaceae (Taf. I. 1—16, II. 11—18), Compositae (Taf. II. 1—10), Labiatae, Rubiaceae, Campanulaceae, Asperifoliae, Scrophulariaceae (Taf. III.), Papilionaceae, Cruciferae (Taf. IV.). Ueberall ersieht man deutlich, dass 2 Antherenfächer in den hintern Ecken des Blattes, 2 in den vorderen gebildet werden; dieselbe Art der Entstehung beobachtete ich bei Acanthaceae (Thunbergia alata), Rutaceae (Citrus Aurantium, Correa, Skimmia japonica), Myoporineae (Myoporum oppositifolium), Daphnoideae (Edgeworthia papyrifera), Plumbagineae (Plumbago Sarpentae), Primulaceae (Cyclamen europaeum), Passifloreae (Passiflora coerulea), Bromeliaceae (Aechmea coerulescens), Solanaceae (Juanulloa parasitica), Escalloniaceae (Escallonia rubra). Es müssen also auch hier 2 vordere und 2 hintere Antherenfächer unterschieden werden.

Eine dritte weniger zahlreiche Gruppe machen diejenigen Pflanzen aus, bei denen das Connectiv meist mächtig entwickelt

---

(Jasminum simplicifolium), Gesneraceae (Chirita sinensis), Begoniaceae (Begonia incarnata).

ist und die Antherenfächer ausschliesslich der Oberseite des Staubblattes anzugehören scheinen. Beispiele hierfür finden sich einmal am reichsten bei den Orchideae; ferner bei den Apocyneae, Selagineae, Sapotaceae, Pirolaceae, Garryaceae, Cornaceae, Cephaloteae, Malpighiaceae, Sterculiaceae, Anonaceae, Nymphaeaceae, Proteaceae, Iuglandaceae, Zingiberaceae, Taccaceae, Typhaceae, Hypoxideae. Derartige Antheren haben in Verbindung mit den nicht selten auftretenden metamorphosirten Staubblättern zu der Annahme Veranlassung gegeben, dass die Antherenfächer sämmtlich auf der Oberseite entstehen. Die genauere Untersuchung zeigt aber, dass dies keineswegs der Fall ist, schon die Betrachtung der Querschnitte durch ganz junge Antheren der Orchideen (Taf. XXIII, Fig. 41—45) zeigt, dass die Anlagen für 2 Antherenfächer sich auf der morphologischen Hinterseite, für 2 andere auf der morphologischen Vorderseite entwickeln und dass erst allmälig die Gruppen der Urmutterzellen so zu liegen kommen, als wären sie der Oberseite des Blattes entsprungen. Ganz so wie unsere Ophrydeae verhält sich die Hypoxidee Curculigo recurvata, welche sich auch vorzüglich für derartige Untersuchungen eignet, da man in den jungen dichten Blüthenständen gleichzeitig Staubblätter in den verschiedensten Stadien der Entwicklung vorfindet. In den jüngsten Staubblättern, in denen die Entwicklung der Pollenmutterzellen aus der ersten Periblemschicht erst beginnt, schneiden sich die Längstheilungsebenen der beiden Staubblatthälften noch unter einem sehr stumpfen Winkel, allmälig wird dieser Winkel immer spitzer, da dass Wachsthum der Hinterseite des Staubblattes beträchtlich stärker als das der Vorderseite ist. Man untersuche auch junge Antheren irgend einer Nymphaea, dann wird man deutlich wahrnehmen dass 2 Antherenfächer von der Hinterseite des Blattes aus gebildet werden, welche schon frühzeitig stärker ausgedehnt ist als die Vorderseite; demzufolge treffen denn die entwickelten Antherenfächer der Hinterseite nicht hinter die beiden Fächer der Vorderseite, sondern vielmehr neben dieselben. Hier tragen auch noch die später sich mehr erweiternden mittleren und seitlichen Luftlücken dazu bei, um die Antherenfächer der Hinterseite nach vorn zu ziehen, so dass es dann den Anschein hat, als seien alle Antherenfächer auf der Vorderseite entstanden.[1])

1) R. Neumann l. c. p. 373 ist bezüglich der Nymphaeaceae geneigt, der Mohl'schen Ansicht beizutreten, kann jedoch nur weiter vorgeschrittene Staubblätter gesehen haben.

Auch bei Nuphar luteum lehrt eine aufmerksame Betrachtung, dass man der Natur durchaus keinen Zwang anthut, wenn man 2 Fächer für vordere, 2 für hintere ansieht. Die Fächer der Staubblätter von Nuphar haben eine ähnliche Lage wie bei manchen Begonien, wo auch die Hinterseite sich stärker ausdehnt als die Vorderseite, während bei andern Arten sich beide Seiten vollkommen gleichmässig entwickeln.[1])

Interessant ist auch die Lage der Antherenfächer bei Tetranthera japonica, wo 2 kleinere Antherenfächer nahe der Spitze des Staubblattes auf der Vorderseite liegen, während die beiden andern unter denselben am untern Theil des Staubblattes halb seitlich halb vorn stehen; es sind dies die beiden hinteren Antherenfächer, welche bei ihrer Entwicklung kein Hinderniss in den vorderen Antherenfächern finden und daher auch an der Vorderseite des Blattes unterhalb der eigentlichen vorderen Antherenfächer sichtbar werden. Hier sowohl wie bei Nymphaea erscheint die Zusammengehörigkeit grösser zwischen den beiden vordern Antherenfächern als zwischen den beiden Fächern einer Antherenhälfte und man könnte hier ebenso gut von 2 mittleren und 2 seitlichen Antherenfächern sprechen. Aehnlich ist es bei manchen Monimiaceae, z. B. Mollinedia utriculata Mart.[2])

Was nun die Monstrositäten betrifft, bei welchen sämmtliche Antherenfächer auf der Oberseite des metamorphosirten Staubblattes zu liegen scheinen, so stellen auch diese keinerlei Schwierigkeiten meiner Auffassung der Lage der Antherenfächer entgegen, wiewol dieselbe schon hinreichend durch die Entwicklungsgeschichte gerechtfertigt ist. Sehr lehrreich ist z. B. die Betrachtung metamorphosirter Staubblätter von Sparmannia africana (Taf. XXIII, Fig. 48 a—h). Stets liegen hier alle Antherenfächer scheinbar auf der Oberseite des Staubblattes; bisweilen sind die Blätter gelappt oder gezähnt, dann entspricht immer ein solcher Abschnitt einem Theil des Staubblattes, an welchem sich ein Antherenfach entwickeln sollte; es geht aus der Vergleichung der einzelnen metamorphosirten Staubblätter hervor, dass das hintere Antheren-

---

1) Chatin stellt Nuphar (p. 38, t. XXVI) zu denjenigen Pflanzen, deren Antheren keine Scheidewand in den Thecae besitzen; eine solche ist aber noch sehr lange in den Staubblättern von Nuphar luteum wahrzunehmen und es werden hier ebenso wie bei Berberis 4 Loculamente angelegt, von denen je 2 bei Berberis sich sehr bald, bei Nuphar viel später vereinigen.

2) Vergl. Mart. Fl. Bras. Fasc. XX, t. 85.

fach, welches sich in dem Fig. 48 b dargestellten Staubblatt noch entwickeln würde, neben das eine vordere Antherenfach zu liegen kommen würde, so wie in Fig. 48 a und f die beiden hinteren Antherenfächer neben den beiden vorderen liegen.

Auch sieht man an Fig. 48 a, d, e, g, h, deutlich wie die beiden vordern, hier dem Anschein nach mittleren Antherenfächer einem schwachen Wulst angehören, welcher sich von dem ausgebreiteten Staubblatt leicht abhebt, ja sogar losspalten lässt, es ist das die schwächer entwickelte vordere Blatthälfte, während die hintere Blatthälfte viel mehr in die Breite gewachsen ist. Es ist dies ganz dasselbe Verhältniss wie bei metamorphosirten Staubblättern von Sempervivum tectorum, wo die vordere Hälfte der sehr dicken Staubblätter 2 Antherenfächer trägt, während die hintere deutlich davon geschiedene, viel stärker ausgebreitete entweder blattartig ist oder carpellar wird und am Rande Samenknospen trägt. Nach diesen Auseinandersetzungen ist es zweifellos, dass die oben berührte Mohl'sche Ansicht von der Entstehung der Antherenfächer auf der Oberseite des Staubblattes unrichtig ist, vielmehr lassen sich auch diese extremen Fälle, in welchen die oberflächliche Betrachtung die Mohl'sche Auffassung sehr wahrscheinlich macht, in einer Weise deuten, welche im Wesentlichen wenig von der Auffassung Cassini's und Roeper's abweicht; wir müssen auch in allen genannten Fällen 2 vordere und 2 hintere Antherenfächer unterscheiden.

Es bleibt nun noch eine vierte Gruppe von Metaspermen übrig, bei denen sogenannte extrorse Antheren vorkommen, wo also sämmtliche 4 Antherenfächer nach aussen gerichtet sind, und die zwischen je 2 Fächern befindlichen Spalten der reifen Anthere sich auf der Hinterseite des Staubblattes zu befinden scheinen. Hierher gehören: Calycanthaceae, Lardizabaleae, Tamariscineae, Aristolochiaceae, Nepenthaceae, Jrideae, Juncagineae, einzelne Palmae (Rapis), einzelne Commelynaceae und einzelne Melanthaceae (Veratrum, Tricyrtis), Cyclantheae, Aroideae und Potamogetoneae. Zur genaueren Prüfung derartiger Antheren untersuchte ich junge Blüthenanlagen von Iris pumila im Anfang Januar. Die jüngsten zu dieser Zeit vorhandenen Zustände zeigten schon sehr weit vorgeschrittene Antheren von der Beschaffenheit, wie sie in Fig. 49 auf Taf. XXIII dargestellt ist. Die Fächer waren schon mit einer vollkommen ausgebildeten Tapete versehen, zwischen dieser und der Epidermis lagen noch 3 Schichten tafelförmiger Zellen, die

Pollenmutterzellen waren schon isolirt, bezüglich der vorliegenden Frage aber war zu constatiren, dass beide Seiten des Staubblattes vollkommen gleich lang waren, nur war die Hinterseite a ein wenig stärker eingebuchtet als die Vorderseite b; das Gefässbündel lag vollkommen in der Mitte des Staubblattes. Bei etwas mehr vorgeschrittenen Staubblättern (Fig. 50) war eine grössere Ausdehnung der Vorderseite b ersichtlich, welche die Folge davon war, dass sich der mittlere Theil der Vorderseite ziemlich stark vorwölbte; auch war in den Epidermiszellen dieses Theiles eine mehrfache Theilung durch radiale Wände und demzufolge eine Ausdehnung derselben wahrzunehmen. Von Crocus war es mir um die Zeit nicht mehr möglich so junge Zustände zu erlangen, die jüngsten mir zugänglichen Zustände der Staubblätter von Crocus maesiacus ergaben Querschnitte, wie einer in Fig. 51 abgebildet ist.[1]) Die Vergleichung mit Fig. 50 lässt keinen Zweifel darüber, dass auch hier wie bei Iris pumila das Staubblatt sich nachträglich durch stärkeres Wachsthum der Vorderseite gekrümmt hat und dass hier wie da die vordern Antherenfächer in Folge dieses stärkeren Wachsthums der Vorderseite nach hinten oder nach aussen gekehrt wurden.

Somit ergiebt sich, dass die sogenannten entrorsen Antheren der Metaspermen im Wesentlichen übereinstimmen mit den introrsen Antheren und mit denjenigen, bei welchen die Antherenfächer immer an den 4 Kanten des Staubblattes stehen bleiben; wir haben also auch hier 2 vordere und 2 hintere Antherenfächer. Wie nahe Beziehungen zwischen den extrorsen und introrsen Antheren bestehen, geht auch schon daraus hervor, dass bei Commelyna nilagarica[2]) in derselben Blüthe zwei introrse und eine extrorse Anthere vorkommen; das ferner dieses Verhältniss in derselben Familie wechselt; so besitzen von den Melanthaceae Veratrum und Tricyrtis entrorse Antheren, Tofieldia und Colchicum introrse Antheren.

---

1) Beiläufig sei bemerkt, dass sich hier die Tapete durch sehr grosse Zellen mit schön orangegelben Oeltropfen auszeichnet und dass die Faserzellenschicht aus 2 Zellschichten besteht.

2) Vergl. Maout et Decaisne, Traité général de botanique p. 596.

V. Ueber einige scheinbar vom Typus abweichende Staubblattbildungen.

Durch obige Auseinandersetzungen glaube ich zur Genüge nachgewiesen zu haben, dass wir in der ganzen Metaspermenreihe einen und denselben Typus der Antherenbildung anzunehmen haben; überall werden 2 vordere und 2 hintere Antherenfächer angelegt und jede Antherenhälfte besteht aus einem vordern und einem hintern Antherenfach, es giebt bei den Metaspermen weder Antheren, deren sämmtliche Fächer auf der morphologischen Oberseite, noch solche, deren sämmtliche Fächer auf der morphologischen Unterseite liegen. Diese Auffassung reicht auch aus, um die verschiedenen abweichenden Formen der Antheren unter den Metaspermen zu erklären.

Was zunächst die getheilten Staubblätter mit scheinbar gestielten Antherenhälften betrifft, wie sie bei den Tiliaceae, (Stemodia), Betulaceae, Coryleae, Commelynaceae, Burmanniaceae, Lazistemeae, Labiatae (Salvia) vorkommen, so erklären sich diese Formen einfach durch ein starkes, localisirtes Breitenwachsthum des Connectivs.

Wenn die Staubblätter mehrfach getheilt sind, dann scheint sich jeder Theil zu verhalten wie eine Antherenhälfte, so ist es wenigstens bei den Malvaceae. Vielleicht dürften spätere Untersuchungen dieses Verhalten der einzelnen Theile eines scheinbaren Staubblattbündels als ein Kriterium für die Zusammengehörigkeit dieser Theile zu einem ganzen Staubblatt ergeben; denn bei den Staubblattphalangen der Dilleniaceae, Loasaceae und Myrtaceae verhält sich jeder Theil wie ein Staubblatt, so dass man es hier entweder mit vielen aus vielen Primordien entstandenen Staubblättern zu thun hat oder mit Theilen eines Staubblattes, welche früher zur Selbstständigkeit gelangen, als die Theile des Malvaceen-Staubblattes.

Andererseits giebt es wenige Fälle, in welchen nur die eine Hälfte der Anthere entwickelt ist, so bei den Marantaceae[1]). Hierher gehören auch die Antheren der Chloranthaceae, wo bisweilen mit einer 2-hälftigen Anthere 2 andere verwachsen, von denen eine Hälfte nicht zur Entwicklung gekommen ist.

---

1) Vergl. Eichler, Blüthendiagramme p. 172 Fig. 101.

Was die im fertigen Zustande 2-fächrigen Antheren der Ceratophylleae und Plataneae betrifft, so deutet ihre ganze Beschaffenheit darauf hin, dass auch hier wie bei vielen Orchideae, Berberideae und Laurineae eine Verschmelzung je zweier Fächer einer Hälfte stattgefunden hat. Dass die 2 Fächer der ächten Asclepiadeae anders zu erklären sind, habe ich bereits nachgewiesen.

Zahlreiche eigenthümliche Androecea erklären sich durch Verwachsungen der Staubblätter, so die Staubblätter der Fumariaceae, Polygaleae, Cucurbitaceae, vieler Euphorbiaceae, und hierher ist denn auch die eigenthümliche Cyolanthera zu rechnen. Wenn wir überall bei den Metaspermen eine im Wesentlichen gleichartige Antherenbildung finden, welche in den meisten Fällen an offenbare Phyllome gebunden ist und wenn nur einige wenige Fälle existiren, in welchen bei durchaus gleichartiger Entwicklung der Antheren nur die Stellung des Organes eine andere ist, dann ist es vom Standpunkt der Descendenztheorie aus jedenfalls viel mehr gerechtfertigt, pseudoterminale Blätter, als pollenbildende Caulome anzunehmen. Auch für die eigenthümlichen Verhältnisse, welche bei Cyclanthera auftreten, giebt es noch eine andere Erklärung, die sich mehr mit den allgemeinen Gesetzen und mit der Descendenztheorie in Einklang bringen lässt, als die Annahme einer Pollen bildenden Axenspitze.

Gehen wir zunächst von dem gewöhnlichen Verhalten der Staubblätter der Cucurbitaceae aus, die schon mehrfach untersucht und in verschiedener Weise gedeutet wurden.[1]) Um Wiederholungen zu vermeiden, schliesse ich mich ohne Weiteres an Eichler's Auseinandersetzungen an, wonach von den Antheren der meisten Cucurbitaceae immer nur eine Hälfte zur Entwicklung gekommen ist, bald die rechte bald die linke. Man sollte glauben, dass gerade die sich berührenden Hälften zweier miteinander verwachsenden Staubblätter in ihrer Entwicklung hätten unterdrückt werden sollen und dass sich die freien Hälften dann um so stärker entwickelt hätten. Jedoch ist gerade das Gegentheil der Fall und entspricht das thatsächliche Verhalten dem von Eichler l. c. Fig. 103 dargestellten Schema; sehr lehrreich sind

---

1) R. Neumann l. c. p. 399—403. — Naudin in Ann. sc. nat. IV. sér. IV. p. 11. — Van Tighem Anatomie comp. de la fleur. — Eichler, Blüthendiagramme p. 317—319.

die Antheren von Cucumis sativus; hier sind nehmlich noch diejenigen Hälften der verwachsenen Staubblätter, welche keine Pollenfächer entwickeln, erhalten und nach innen gebogen, es sind dies die beiden grünen Läppchen, welche sich vor der Mitte jedes Synandriums befinden, sich aber leicht loslösen und zurückschlagen lassen. Aus dieser Betrachtung geht auch hervor, dass die S-förmig gekrümmten Antherenfächer ihr morphologisch unteres Ende oben und ihr oberes Ende unten liegen haben. Es sind mir bei Momordica Elaterium auch Fälle vorgekommen, wo die beiden morphologisch unteren Enden zweier verwachsener Antheren mit einander verschmelzen. Denken wir uns nun die Buchten der Antherenfächer mehr verflacht, so dass dieselben geradlinig werden, und die Thecae beider Synandrien mit einander verschmolzen, wie dies bisweilen bei Momordica Elaterium vorkommt, so werden wir bei Verwachsung sämmtlicher 5 Staubblätter einer Cucurbitacee ein Gebilde erhalten, welches nur noch wenig von dem Synandrium oder der sogenannten „axilen Anthere" der Cyclanthera abweicht, nehmlich einzig und allein darin, dass sich zwischen den verwachsenen Thecae und der einen isolirten Theca kleine Zwischenräume befinden; es werden aber ebenso wie bei Cyclanthera die vorderen oder inneren Fächer oben, die hinteren oder äusseren Fächer unten liegen. Dass nun bei congenitaler Verwachsung der 5 Antheren von Cyclanthera die genannten Lücken sich nicht bilden, sondern die Thecae von vornherein in continuirlichem Zusammenhang bleiben, ist nach Allem, was ich vorangeschickt, wahrlich keine waghalsige Hypothese, sondern eine den ganzen eigenthümlichen Verhältnissen der Cucurbitaceen-Antheren angepasste Theorie; es ist dann auch nichts Auffälliges darin, dass das Axenende von den vereinigten Antheren überwachsen ist. Die ganze Anordnung und der Verlauf der Zellen, wie er aus Warming's Zeichnungen (l. c. Taf. 6) zu ersehen ist, spricht durchaus für diese Deutung, nach welcher die appendiculäre Natur der Staubblätter bei Cyclanthera zweifellos ist. Nur eine andere Deutung wäre noch zulässig, nehmlich die, dass die Staubblätter von Cyclanthera vollkommen seien und je 2 Thecae besitzen, welche bei der fast horizontalen Lage der Staubblätter ihre Fächer oben und unten liegen haben; bei letzterer Annahme wäre man genöthigt, eine an 10 Stellen der Peripherie des scheibenförmigen Synandriums eine congenitale Verschmelzung der Fächer zu supponiren. Im Ganzen unterscheidet sich die letztere Annahme von der ersteren, welche sich mehr an

die bei den Cucurbitaceen vorherrschenden Verhältnisse anlehnt, nur wenig.

Allgemeines Resultat.

Alle Erscheinungen in der Ausbildung und Beschaffenheit der Antheren der Metaspermen lassen sich auf einen gemeinsamen Grundtypus zurückführen, welcher darin besteht, dass an jedem Staubblatt 2 vordere und 2 hintere Antherenfächer angelegt werden; durch Ausschluss einzelner Zellen der ersten Periblemschicht und der aus ihnen hervorgegangenen Zellreihen von der Umwandlung in Pollenmutterzellen kann eine Quertheilung der 4 Antherenfächer erzeugt und so die ursprüngliche Zahl der 4 Antherenfächer vermehrt werden; andererseits kann durch nachträgliche Verwachsung eines vordern und hintern Antherenfaches die ursprüngliche Zahl der Antherenfächer auf 2 reducirt werden, ebenso kann die Zahl der Fächer vermindert werden in Folge Verkümmerung oder Verlaubung der einen seitlichen (Marantaceae, Chloranthaceae, Cucurbitaceae etc.) oder der hinteren Hälfte (Asclepiadeae).

VI. Ein Beitrag zur Kenntniss der Homologien zwischen Staubblatt und Fruchtblatt.

Für das Studium der morphologischen Verhältnisse der Staubblätter, für den Vergleich der Staubblätter mit den Fruchtblättern und zur Auffindung der Homologien zwischen beiden Phyllomen ist eines der ausgezeichnetsten Objecte Sempervirum tectorum, welches sich fast stets in unseren botanischen Gärten mit Blüthen findet, von denen die inneren, bisweilen auch einzelne äussere Staubblätter in Carpelle umgewandelt sind und zwar entweder in vollkommen ausgebildete, von den normalen durchaus nicht abweichende oder in Gebilde, welche die Charactere der Staubblätter und Carpellarblätter in sich vereinigen oder, wenn sie auch gar keinen Pollen erzeugen und nur Samenknospen tragen, doch deutlich erkennen lassen, dass sie ursprünglich zur Pollenbildung bestimmt waren.

Das meiste Interesse gewähren diejenigen metamorphosirten Staubblätter, welche theilweise noch den Staubblattcharacter bewahrt haben, theilweise Eichen tragen; einige der am häufigsten auftretenden Gebilde sind auf Taf. XXIV abgebildet.

1) Häufig ist der obere Theil des Staubblattes normal und zeigt deutlich 4 Antherenfächer, welche die Länge der normalen mehr oder weniger erreichen und im Querschnitt durchaus nicht von denselben abweichen; der untere Theil des Staubblattes jedoch ist hohl, stark aufgebläht und trägt am innern Rande der Oeffnung einige Eichen (Taf. XXIV, Fig. 52.)

2) Der obere Antheren tragende Theil des Staubblattes ist normal gebildet, dagegen klafft das Staubblatt beiderseits unterhalb der Antheren auseinander und zwar so, dass der Spalt in die Verlängerung der seitlichen Furchen zwischen den Antherenfächern fällt; beide Ränder der jederseitigen Oeffnung sind mit zahlreichen nach aussen gerichteten, aber mit dem Funiculus der Innenseite angehefteten Samenknospen besetzt (Fig. 59 a, b).

3) Das ganze metamorphosirte Staubblatt ist stark verbreitert, namentlich in der Mitte, auf beiden Seiten verläuft von oben nach der Mitte eine tiefe Furche, welche in eine Höhlung mündet, die das Blatt deutlich in eine hintere und vordere Hälfte sondert, die jedoch beide durch eine schwache Mittelleiste verbunden sind; der hintere, bedeutend stärkere Theil wölbt sich oberwärts ein wenig über den schmäleren, vorderen und ist ohne jede Spur von Antherenfächern, trägt dagegen am Rande der Höhlung Eichen; der vordere Theil trägt 2 stark verbreiterte Antherenfächer (Fig. 55 a, b, c). Es hält nicht schwer, den vordern Theil oberwärts loszulösen, dagegen ist in dem untern Drittel des metamorphosirten Staubblattes die Sonderung in vordere und hintere Hälfte nicht so weit vorgeschritten (Fig. 55 d).

4) Wenig verschieden von den eben beschriebenen Bildungen sind andere, bei denen die hintere Blatthälfte die vordere bedeutend, fast um 1 Mm. überragt und in eine tütenförmige Spitze ausläuft; die beiderseitigen, durch eine in der Mitte verlaufende Leiste getrennten Höhlungen sind hier länger als in dem vorigen Fall; der Rand der hintern Blatthälfte ist mit Eichen dicht besetzt, die vordere Hälfte trägt 2 Antherenfächer (Fig. 56).

5) Das Staubblatt ist der Hauptsache nach so, wie in Fall 4 umgebildet, jedoch mit dem Unterschiede, dass auch die vordere schmälere Hälfte an ihren Rändern Eichen trägt. Mithin sind 4 Reihen derselben vorhanden (Fig. 57).

6) Das Staubblatt besitzt 3 Antherenfächer, 2 vordere und ein hinteres, das vierte (hintere) ist nur an der Spitze angedeutet und geht bald in einen vergrünten Blatttheil über, welcher von

dem entsprechenden vorderen Antherenfach durch einen tiefen Spalt getrennt ist und am Rande eine Reihe Eichen trägt (Fig. 58 a, b, c).

Dies die hauptsächlisten Typen der auftretenden Metamorphosen, deren Natur noch deutlicher in die Augen springt, wenn man Querschnitte aus verschiedener Nähe eines und desselben metamorphosirten Staubblattes mit einander und mit den Querschnitten durch normale Antheren vergleicht (Fig. 60—64). Dieselben metamorphosirten Staubblätter, welche in ihrem obern Theile Querschnitte wie Fig. 60 liefern, geben gegen die Mitte zu Querschnitte, wie sie in Fig. 61—64 abgebildet sind; so entspricht die Combination von Fig. 60 und 64 der Fig. 59, die Combination von Fig. 60, 61 und 62 der Fig. 58, die Combination von Fig. 62 und 63 der Fig. 55, auch der Fig. 53. Es ist leicht ersichtlich, dass in den besprochenen Metamorphosen je ein Eichen tragender Abschnitt entspricht einem Theil des Staubblattes, welches ein Antherenfach einschliesst.[1])

Nun hat Warming[2]) bei der Entwicklungsgeschichte der Eichen von Ribes rubrum übereinstimmend mit dem Verhalten bei zahlreichen andern Pflanzen gefunden, dass der Zelltheilungsprozess in der subepidermidalen Schicht des Ovularhöckers in allem Wesentlichen genau übereinstimmt mit dem, was der Regel nach in der subepidermidalen Zellschicht des Staubträgerhöckers stattfindet, wenn die Antherenfächer gebildet werden. „Hier wie dort stammen die der sexuellen Vermehrung dienenden Zellen in der Regel aus der subepidermidalen Schicht ab; hier wie dort bilden die zuerst

1) So wie sich bei Sempervirum tectorum die einem Antherenfach entsprechenden Abschnitte des Staubblattes in Theile eines Fruchtblattes verwandeln und dabei vordere und hintere Hälfte nahezu selbstständig werden, so giebt es auch Metamorphosen gewöhnlicher, ursprünglich nicht getheilter Staubblätter, bei denen jeder Theil des Staubblattes, welcher sich zu einem Antherenfach entwickeln sollte, vollständig verlaubt. Ein interessantes Beispiel der Art, bei der Euphorbiacee, Jatropha Pohliana Muell. Arg. vorkommend, ist von Mueller Arg. beschrieben worden (Notice sur la nature des anthères d'après une monstruosité du Jatropha Pohliana in Mém. de la soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève, tome XVII). Hier haben sich nehmlich die vordere Hälfte wie die hintere des Staubblattes in 3-lappige Blätter verwandelt, welche an der Basis zusammenhängen; andererseits kommen auch solche Monstrositäten vor, bei denen sich die rechte und linke Hälfte des Staubblattes in Laubblätter verwandelt haben, die unten zusammen hängen und deren Fläche auf der der Blumenblätter senkrecht steht.

2) E. Warming, Bemerkungen über das Eichen in Bot. Zeitg. 1874. N. 30. p. 465—470.

auftretenden tangentialen Wände eine Scheide zwischen die Urmutterzellen der Wand des Antherenfaches oder Kappe des Nucleus auf der einen Seite und die sexuellen Zellen, Pollenkörner und Keimsack, oder doch deren Urmutterzellen auf der andern, und hier wie dort werden die Wandzellen durch vorzugsweise tangentiale centrifugal fortschreitende Theilungen gebildet. Die Unterschiede zwischen den beiden Processen sind wesentlich nur quantitativer Art; erstens dass der Theilungsprocess beim Staubträger gewöhnlich an nur 4 Stellen des Staubträgerhöckers auftritt zur Bildung der 4 Antherenfächer, beim Ovularhöcker, welchen man passend „Eiträger" hätte nennen können, dagegen nur an einer Stelle desselben zur Bildung des Nucleus; zweitens, dass beim Staubträger gewöhnlich eine grosse Menge von Zellen der subepidermidalen Schicht getheilt werden und gewöhnlich viele der innern Tochterzellen 1. Generation als Erzeuger der sexuellen Fortpflanzungsorgane zu fungiren haben, während beim Eichen nur eine kleinere Zahl von Zellen in Arbeit gesetzt wird, von den innern Tochterzellen 1. Generation gewöhnlich nur eine einzige als Erzeuger der sexuellen Zelle, des Keimsacks, fungirt. Leicht zu verstehen wird es daher auch sein, wenn mehrere Keimsackzellen auftreten bei Pflanzen, bei denen Polyembryonie vorkommt. — Auch kann daran erinnert werden, dass es umgekehrt auch Pflanzen giebt (Mimosaeceen), bei denen die Pollen-Urmutterzellen einzeln im Staubträger angelegt werden."

Die von mir beschriebenen Metamorphosen scheinen mir im Wesentlichen Warming's Ansicht zu bestätigen; offenbar waren diese Phyllome zu Staubblättern bestimmt, die erste Anlage zur Bildung von Generationszellen erfolgte so wie bei den meisten Staubblättern an den 4 Ecken des im Querschnitt fast quadratischen jungen Staubblattes; während nun aber in dem einen, meist dem obern Theil des Blattes männliche Generationszellen angelegt werden, entstehen an andern Theilen des Blattes, in der Regel in der Nähe der Basis weibliche Generationszellen; es findet fast immer eine Isolirung dieser Zellen statt und daher sind die Eichen meist mit nur einem Keimsack versehen; indessen fand ich auch einzelne wenige mit 2 Keimsäcken. Die oben gegebene ausführliche Beschreibung der Staubblätter der Mimoseae zeigt, wie bei nahe verwandten Formen die Pollenmutterzellen eine continuirliche Reihe bilden können und wie andererseits diese Reihe unterbrochen werden kann; bei den metamorphosirten Staubblättern von Semper-

vivum tectorum haben wir etwas Analoges an demselben Phyllom. Es ist auch ersichtlich, warum bei den ächten Carpellarblättern derselben Pflanze nur 2 Reihen von Samenknospen auftreten; diese Phyllome sind in der Jugend schon mit scharfen und nicht mit stumpfen Rändern versehen, wie die jungen Staubblätter; es ist da nur für die Entwicklung einer Reihe von Generationszellen Platz vorhanden. Der Vergleich der Pollenmutterzellen mit den Keimsackzellen in ihrer ursprünglichen Anlage erklärt es auch, wenn grosse Mengen von Eichen an den Rändern der Fruchtblätter neben einander entstehen, dann muss nicht eine Reihe, sondern eine Schicht von Generationszellen vorhanden gewesen sein, wie auch bei so vielen Pflanzen Schichten von Pollenmutterzellen nachgewiesen sind. Sehr gern gebe ich zu, dass zur vollständigen Bestätigung der Homologie von Keimsack und Pollenmutterzelle noch weitere Untersuchungen angestellt werden müssen; bis jetzt konnte ich bezüglich der Entwickelung nur Folgendes feststellen: Diejenigen Theile der Staubblätter, welche zur Bildung von Eichen schreiten, entwickeln an ihren Kanten schon frühzeitig, wenn die jungen Phyllome kaum $\frac{3}{4}$ Mm. gross sind, flügelförmige Gebilde, welche sich dann nach der Staubblattaxe hin krümmen und kleine länglich eiförmige Fiedern treiben, die genau den Anfängen der normalen Eichen entsprechen, aus ziemlich geraden Zellreihen bestehen und bisweilen 2—3 Zelllagen von der Spitze entfernt eine etwas grössere und stärker lichtbrechende Zelle, den künftigen Embryosack, mehr oder weniger deutlich erkennen lassen. Ob nun die Keimsackzellen schon vor der Bildung der Fiedern angelegt werden und in Folge der späteren Theilungen sich mit den sie umgebenden Zellgruppen über den Rand des Blattes erheben oder, ob sie erst in den Anfängen der Fiedern gebildet werden, vermochte ich nicht zu entscheiden, jedoch spricht für das Erstere der Umstand, dass in einzelnen Fiedern oder Eichen später bisweilen 2 Keimsäcke vorgefunden werden. Jedenfalls glaube ich, dass die hier geschilderten Verhältnisse eine nicht unwichtige Unterstützung für die Ansicht von der Blattnatur des Eichens liefern, welche in neuerer Zeit von Celakovsky so entschieden verfochten wurde.

Erklärung der Tafeln.

Tafel XX.

Fig. 1. Anthere von Calliandra fasciculata Benth., von der Seite gesehen, die Pollengruppen einschliessend. Vergr. 300.

Fig. 2. Aeltere Anthere von Call. fasciculata in ihrer natürlichen Lage, sich nach oben öffnend und die Pollengruppen entlassend.

Fig. 3. Punktirte Zellen aus dem Filament von Call. fasciculata. Vergr. 500.

Fig. 4. Eine der 8 Pollengruppen der Anthere von Calliandra fasciculata Benth., nach Behandlung mit Kali; aus den Poren an den Ecken der zusammenstossenden Zellen treten die Intinen hervor. Vergr. 500.

Fig. 5. Eine der vielen Pollengruppen aus der Anthere von Stryphnodendron coriaceum Benth. Vergr. 400.

Fig. 6. Anthere von Parkia auriculata Benth.; die Epidermis hat sich bereits losgelöst. Vergr. 160.

Fig. 7. Theil der Faserzellenschicht; a eine am Rande der Anthere liegende Reihe der Faserzellen von der Seite gesehen, b andere Zellen derselben Schicht, von oben gesehen. Vergr. 300.

Fig. 8. Eine Zelle der Faserzellenschicht, bedeutend vergrössert, circa 1000 mal.

Fig. 9—11. Einzelne Pollengruppen der Anthere von Parkia auriculata Benth., welche die Tetraden mehr oder weniger deutlich erkennen lassen. Vergr. 400.

Fig. 12. Anthere von Acacia cultriformis Cunn., nach Behandlung mit Kali, durch die Epidermis scheint die Faserschicht mit den von ihr umgebenen Pollengruppen durch. Vergr. 500.

Fig. 13. Dieselbe Anthere bei anderer Einstellung des Tubus, welche nur die Epidermis erkennen lässt.

Fig. 14. 4-zellige Pollengruppen aus der Anthere von Schrankia uncinata W.

Taf. XXI.

Fig. 15. Anthere von Dichrostachya amythetophylla Benth., gl. Drüse, wie sie auch bei vielen andern Mimoseae am obern Ende der Anthere vorkommt. Vergr. 300.

Fig. 16—27. Albizzia lophantha Benth. 16. Fast reife Anthere, von oben gesehen; die Tapete ist bereits verschwunden; die Pollengruppen liegen frei, umgeben von der Faserschicht.

Fig. 17. Einzelne Pollengruppen im Zustand der Reife. Vergr. 500.

Fig. 18. Aeltere Anthere von hinten gesehen, nach erfolgter Entleerung der Fächer; die Epidermis ist bereits abgestreift. Vergr. 500.

Fig. 19. Stück der abgestreiften Epidermis.

Fig. 20. Stück von der Epidermis des Filamentes, die Verdickungsstreifen auf der Aussenseite der Membran zeigend. Vergr. 500.

Fig. 21. Junge Anthere von oben (morphol. von vorn) gesehen; die Urmutterzellen sind durch eine Querwand a getheilt. Vergr. 500.

Fig. 22. Junge Anthere von der Seite (morphol. von oben) gesehen, im optischen Querschnitt, die Urmutterzellen werden durch eine zweite Wand (Längswand) getheilt; t die Tapete.

Fig. 23—26. Verschiedene, auf einander folgende Entwicklungszustände einer Urmutterzelle und der sie umgebenden Zellen; a Querwand, b Längswand (Orientirung nach der Längsaxe der Anthere), t Tapete. Vergr. 500.

Fig. 27. Schema für die ersten Theilungen einer Urmutterzelle.

Taf. XXII.

Fig. 28—36. Albizzia lophantha Benth. 28. Anfang eines Staubblattes. Vergr. 500.

Fig. 29. Differenzirung derselben in Filament und Anthere, a Anthere, b Filament.

Fig. 30. Junges Staubblatt mit erster Anlage von Urmutterzellen, bei o die Furche, durch welche die beiden Hälften geschieden werden, pbl Zellen der ersten Periblemschicht, tg ebensolche in tangentialer Theilung, p Urmutterzellen, durch stärkeres Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnet. Vergr. 500.

Fig. 31. Schemata der Flächenansichten junger Antheren; a nach der Anlage der beiden Hälften, b nach der Anlage der 4 Fächer.

Fig. 32. Weiter vorgeschrittene Anthere von der Seite gesehen, ep Epidermis, pbl Periblemschicht, p Urmutterzellen, noch ohne Spur einer Scheidewand.

Fig. 33. Dieselbe von vorn gesehen.

Fig. 34—36. Einzelne Eckstücke von jungen Antheren, welche die Urmutterzellen im Zusammenhang mit andern durch Tangentialtheilung einer Periblemzelle entstandenen Zellen zeigen; ep Epidermis, pbl Periblem, fr spätere Faserzellen, t Tapetenzellen.

Fig. 37. Querschnitt durch eine junge Anthere von Phalaenopsis amabilis Blume.

Fig. 38. Die eine Hälfte desselben sehr stark vergrössert (400). Bezeichnungen wie vorher.

Fig. 39. Querschnitt durch eine schon etwas weiter vorgeschrittene Anthere von Cypripedium venustum Wall.

Fig. 40. Theil eines Querschnittes durch eine sehr junge Anthere von Cypripedium venustum, die Urmutterzellen sind noch nicht abgerundet und theilen sich noch weiter durch tangentiale oder radiale Wände.

Taf. XXIII.

Fig. 41. Querschnitt einer jungen Anthere von Ophrys Arachnites Reichard im Januar. (Bezeichnungen wie vorher.) Vergr. 500.

Fig. 42—45. Querschnitte von verschieden weit vorgeschrittenen Antheren der Orchis latifolia L. im Januar. Vergr. 500.

Fig. 46. a—f. Auf einander folgende Querschnitte durch eine Antherenhälfte von Trichopilia suavis Lindl., die Verschmelzung der Antherenfächer zeigend.

Fig. 47. Querschnitt durch die Anthere von Stanhopea oculata Lindl., die Verschmelzung je zweier Fächer zeigend.

Fig. 48. a—h. Petaloide Staubblätter von Sparmannia africana L.

Fig. 49. Querschnitt einer sehr jungen Anthere von Iris pumila L. im Januar. Vergr. 500. Vorder- und Hinterseite sind noch gleich lang.

Fig. 50. Querschnitt durch eine etwas weiter vorgeschrittene Anthere; dieselbe wird extrors.

Fig. 51. Querschnitt durch eine Anthere von Crocus, fr Faserzellenschichten.

Taf. XXIV.

Fig. 52—64. Sempervivum tectorum L. 52—59. Verschiedene metamorphosirte Staubblätter mit theilweiser Entwicklung der Antherenfächer und zugleich Samenknospen tragend, a von vorn, b von hinten, c von der Seite gesehen.

Fig. 60—63. Querschnitte durch ebensolche Staubblätter aus verschiedenen Höhen.

Fig. 64. Querschnitt durch ein metamorphosirtes Staubblatt, welches 4 Reihen von Samenknospen trägt, stärker vergrössert.

Beiträge zur Kenntniss der Tange.

Von

J. Reinke.

A. Fucaceen.

1. Fucus vesiculosus.

Aeussere Gliederung.

Diese Species, welche nicht nur die Gestade der heimischen Meere schmückt, sondern über die ganze Erdoberfläche verbreitet zu sein scheint,[1]) repräsentirt den Fucaceen-Typus in einer seiner einfachsten Formen, bringt aber dennoch die characteristischen Wachsthumserscheinungen dieser Pflanzengruppe so vollständig zur Darstellung, dass sie als Ausgangspunkt unserer Betrachtungen dienen mag.

Der ganze Körper von Fucus vesiculosus, auch auf dem Höhepunkt seiner Entwicklung, ist ein Thallom; die Basis desselben modificirt sich zum Rhizom[2]), die Spitzen der dem Reproductionsgeschäft dienenden Triebe werden zu Blüthen. Der zwischen Rhizom und Blüthe gelegene Theil des Thallus, welcher meistens verzweigt ist, differenzirt sich in einen stielartigen, mehr weniger cyklisch gerundeten und einen flachlaubartigen, bilateral-symmetrischen Abschnitt, die wir der Kürze halber als Stiel und Laubkörper bezeichnen können. Beide Bildungen gehören aber auf das

---

1) Fucus vesiculosus wurde an den Küsten des ganzen atlantischen Oceans, im stillen Ocean von Neu-Holland bis Kamtschatka, endlich im nördlichen Eismeer gefunden; die von mir benutzten Exemplare sammelte ich im Prorer Wiek auf Rügen, dieselben entsprechen der Normalform der Species und werden hier ausschliesslich berücksichtigt werden; über die zahlreichen Varietäten dieser Art vgl. Kützing, Species Algarum pag. 589.

2) Vgl. Reinke in Flora 1873, No. 10 ff.

Engste zusammen, und geht, wie wir sehen werden, der Stiel durch eine Art von Verwitterungsprocess aus dem Laubkörper hervor; beide bilden demnach den Thallus, welcher eine doppelte Metamorphose eingeht, nach unten als Rhizom, nach oben als Blüthe.

Das Rhizom ist sehr einfach gebaut und stimmt darin mit den meisten Fucaceen überein [1]): eine kreisrunde Scheibe, mittels deren die Pflanze an festen Gegenständen im Wasser, an Steinen, Gebälk etc. haftet. Aus der Mitte dieser Scheibe, deren obere Fläche vom Rande aus leicht konisch ansteigt, erheben sich ein oder mehre, mitunter zahlreiche Thallus-Stiele als Träger des im Wasser ausgebreiteten Körpers der Pflanze. Ist nur ein centraler Thallusstiel vorhanden, so geht die Rhizomscheibe von allen Seiten gleichmässig und allmählig in denselben über. Dient ein Rhizom aber mehreren Stielen als Sockel, so kann hier das Verhältniss ein zweifaches sein. Sind die Stiele von gleicher Stärke und verlängern sich in Laubkörper von ungefähr gleicher Grösse, so ist anzunehmen, dass mehre befruchtete Eizellen dicht neben einander keimten und durch basale Verwachsung ein gemeinsames Rhizom entwickelten. Hierfür spricht besonders der Fall, welchen Kützing auf Taf. 11 im zehnten Bande der Tab. phyc. abbildet, wo ein Individuum von Fucus vesiculosus und ein anderes von Fucus serratus einer gemeinschaftlichen Haftscheibe entspringen. Anderen Falls finden sich um einen grossen Thallus eine Anzahl viel kleinere, mit weit dünneren Stielen versehene Individuen versammelt, welche aber auch aus einer und derselben Rhizomscheibe hervorbrechen; hier sind die kleineren Fuci, die oft in grösster Zahl dicht bei einander stehen, als dem Rhizom entwachsene Adventiväste des grossen Fucus aufzufassen. Beide Verhältnisse können natürlich auch combinirt statt haben.

Nur bei zwergigen Varietäten oder richtiger Kümmerlingen bleibt der Thallus unverzweigt: eine Haftscheibe, ein ganz kurzer Stiel, ein einfacher, an der Spitze sich zur Blüthe metamorphosirender Laubkörper bilden das Individuum. Wohl entwickelte Pflanzen sind jedoch immer verzweigt und lassen oft zwei Arten von Verzweigung hervortreten; eine normale, welche auf wiederholter Dichotomie in einer Ebene durch Theilung des Vegetationspunktes beruht,

---

1) Bei den Arten der Gattung Pycenphycus ist das Rhizom wurzelartig verzweigt. Vgl. Kützing, Tab. phyc. 10. Taf. 22 u. 23 und unten.

und eine adventive, wo aus älteren Theilen des Thallus endogen gebildete Aeste seitlich hervorbrechen, die sich dann ihrerseits wieder gabeln können. Vielen, besonders kräftig wachsenden Individuen fehlt die Bildung von Adventivästen ganz. An üppigen Exemplaren habe ich 12 Gabelungen und drüber gezählt, die wie schon bemerkt, alle in eine Ebene fallen. Dabei haben zwei gleichwerthige Gabeläste die Tendenz, sich in gleicher Stärke auszubilden, so dass man an jedem derselben wieder die gleiche Zahl von Zweigen findet. Das ist jedoch nicht immer der Fall, sondern häufig bleiben einzelne Gabeläste in der Entwicklung zurück, was nicht selten bereits bei der ersten Dichotomie statt hat, wo der eine Ast zum reichgegliederten Thallus sich entwickelt, während der andere klein und unverzweigt bleibt, und nur der Verfolg der Wachsthumsrichtungen von der Basis an lässt seine morphologische Werthigkeit erkennen und einen solchen früh verkümmerten Gabelast von Adventivästen unterscheiden. Auf solche Weise kommt durch ungleichmässige Entwicklung gleichwerthig entstandener Zweige und Zweigsysteme mitunter einige habituelle Verschiedenheit zu Stande, die aber von morphologisch untergeordneter Bedeutung bleibt.

Die Verzweigungen fallen sowohl in diejenige Region des Thallus, wo derselbe stielartig, als auch wo derselbe laubartig entwickelt ist. Der Stiel ist nur dicht über seiner Basis wirklich stielrund; bereits vor seiner ersten Gabelung wird derselbe zweischneidig, im Querschnitt die Form einer biconvexen Linse zeigend, seine zwei scharfen Längskanten liegen in der Ebene des Laubkörpers. Folgt man dem Stiel nach vorwärts durch seine verschiedenen Dichotomirungen bis zum Laube, so sieht man denselben sich allmählig mehr und mehr seitlich zusammendrücken, auch verbreitert er sich im Vergleich zu seiner Basis. Er wird dadurch noch mehr zweischneidig und wenn man sich schliesslich dem Laubkörper nähert, erscheinen als Erweiterung seiner zwei scharfen Längskanten zackige Vorsprünge die sich zuletzt verbreitern und in die laubartige Erweiterung des Thallus an seinem oberen Theile übergehen. Die eigentliche Substanz des Stiels setzt sich als Mittelrippe in den Laubkörper hinein und bis zu dessen Spitze hin fort.

Diese Identität des Stiels mit der Mittelrippe des Laubkörpers tritt am evidentesten in der Uebergangsregion zwischen beiden hervor, und hier zeigt es sich auch auf das unzweideutigste, wie

der Stiel nur dadurch zu Stande kommt, dass die älteren Theile des flachen Laubkörpers vom Rande her allmählig absterben und durch Detritus bis zur Mittelrippe hin abbröckeln; die Mittelrippe wird dadurch zuletzt ganz frei gelegt, und nur die beiderseitigen scharfen Leisten der Stiele bezeichnen noch den Ort, wo am jüngeren Exemplare die laubartige Erweiterung an die Mittelrippe sich ansetzte. Vergleicht man hiermit junge Individuen, die sich noch nicht verzweigten, oder dem entsprechende Zwergformen, so besteht deren ganzer Thallus aus einem einfachen Laubkörper, der sich nach rückwärts in einen kurzen, stielrunden Stiel verschmälert; Corrosionen des Randes finden sich hier noch nicht. Diese unterste Partie des Stiels wurde gleich von vorne herein als solcher gebildet, bei der Fortentwicklung der Pflanze aber verlängert er sich dadurch, dass die seine Fortsetzung bildende Mittelrippe ihren seitlichen Laubrand nach und nach einbüsst.

Der Laubkörper am Fucus vesiculosus entspricht biologisch offenbar den Blättern und jungen Sprossen der Phanerogamen, seine Mittelrippe functionirt als Skelett. In dem Masse, wie der Thallus an der Spitze wächst, stirbt das zarte chlorophyllhaltige, assimilirende Gewebe des Laubkörpers nach rückwärts hin ab und lässt allein das Skelett in vitaler Kraft zurück, welches nunmehr als Träger der ganzen oberen, durch Verzweigung sich immer mehr vergrössernden Laubkrone zu dienen hat; die der zum Stiel ausgebildeten Mittelrippe zu Theil werdende Verstärkung durch secundäres Dickenwachsthum, wird später ihre Erläuterung finden.

Bei allen Schwächen, die jeder Parallelisirung des in einer thallophytischen und des in einer kormophytischen Pflanze zum Ausdruck gelangenden architektonischen Zweckes inne wohnen, sind derartige vergleichende Ausblicke doch nicht ganz unfruchtbar; und ich will daher wenigstens daran erinnern, dass auch bei unseren dicotylen Bäumen und Sträuchern anfangs das Skelett aus dünnen, z. Th. cylindrisch vereinigten Strängen besteht, welche das zarte, assimilirende Gewebe der jungen Zweige und der Blätter durchsetzen, dass an älteren Theilen die Blätter und die assimilirende Rinde ganz abgestossen werden und nur das sich mächtig entwickelnde Skelett mit seiner Borkenhülle übrig bleibt als Träger der ausgebreiteten, vital thätigeren jungen Sprossen des Baumes; eine Analogie zum Wachsthum von Fucus, die in ihren anatomischen Einzelheiten noch evidenter wird.

Der Laubkörper von Fucus repräsentirt also das für diese Pflanze nothwendige assimilirende System; die Mittelrippe tritt nach beiden Seiten leicht convex hervor, das breite Laub ist flach und oben oder am Rande leicht wellenförmig gekräuselt, stets ganzrandig; die Spitzen sind abgerundet und erscheinen nur dort, wo eine Gabelung beginnt, ausgerandet. Zu beiden Seiten der Rippe finden sich in grosser Anzahl dem Laube eingesenkt jene eigenthümlichen Organe, die von Kützing als Fasergrübchen bezeichnet wurden. Für gewöhnlich stehen die Fasergrübchen in 8 Längsreihen an jedem Thalluszipfel und zwar zwischen Rippe und Rand je zwei Reihen; doch kommen dazwischen auch einzelne Grübchen ausser der Reihe vor, sehr selten aber auf der Rippe. Man kann diese Fasergrübchen als Einstülpungen der Oberfläche auffassen; aus jeder derselben ragt ein Büschel dünner, gegliederter, hyaliner Haare von 2 bis 3 Millimeter Länge hervor, welche frei im Wasser fluthen und biologisch wohl nur den Wurzelhaaren der Gefässpflanzen vergleichbar sind, indem sie allerdings eine bedeutende Erweiterung der Thallusoberfläche bilden, dem Meerwasser vielleicht gerade die zur Unterhaltung des Assimilationsprocesses dienenden Stoffe (Kalium u. a.) entziehend. Am frappantesten ist die Aehnlichkeit dieser Trichome mit den Wurzelhaaren von Corallorhiza, welche auch büschelweise beisammen stehen und wenn auch nicht in Grübchen eingesenkt, doch besonderen kleinen Parenchymwarzen des Rhizoms entspringen. Uebrigens fehlen die Fasergrübchen einigen Formen meines Herbariums.

Endlich ist noch der Blasen im Laube zu gedenken, von denen man den Speciesnamen der Pflanze entlehnt hat. Es sind das kuglige oder eiförmige, meist paarweise beisammen stehende, seltener einzelne Auftreibungen des Gewebes, die hohl und mit Luft erfüllt sind. Es sind dies die einzigen luftführenden Intercellularräume, welche an der Pflanze vorkommen. Ihre morphologische Bedeutung ist jedenfalls eine geringe; man hat in systematischen Werken auf ihre Stellung, ihr Vorhandensein oder Fehlen Werth gelegt und wenigstens Varietäten danach unterschieden. Allein selbst hierfür dürften die von den Luftblasen entlehnten Merkmale nicht ausreichen, denn ich sammelte Individuen mit und ohne Blasen, welche durcheinander wuchsen und sonst in Allem übereinstimmten, bei anderen trugen sogar einige Zweige Blasen, andere nicht. Von Interesse würde eine genauere Analyse der im Inneren der Blase vorhandenen Gase sein, weil dieselben

zweifelsohne von der Pflanze ausgeschieden werden, da der Hohlraum nirgends mit der Athmosphäre communicirt; nach Rosanoff besteht die Luft der Blasen aus Stickstoff. Wo die Blasen vorhanden sind, wirken sie offenbar dahin, das specifische Gewicht der Pflanze zu verringern.

Die Bildung der Blüthen aus der Spitze der Laubkörper wird unten ihre Besprechung finden.

Während der Thallus einerseits durch Theilung seines an der Spitze gelegenen Vegetationspunktes sich in regelmässiger und monotoner Weise gabelt, treten durch Bildung von Adventivzweigen häufig Complicationen seiner Architectur hinzu.

Die Adventivzweige treten nicht überall auf, vielen Individuen und noch dazu grossen und kräftigen fehlen sie gänzlich; was den meisten Adventivzweigen noch einen besonders anomalen, man möchte sagen krankhaften Anstrich giebt, ist der Umstand, dass sie in den meisten Fällen in einem verkrüppelten und verzwergten Zustande verharren. Wohl niemals erreichen sie eine Entwicklung wie die normalen, durch Spitzenwachsthum gebildeten Zweige, doch habe ich hier und da 1 bis 2 Gabelungen an ihnen beobachtet; mitunter schliesst ein ganz einfacher Adventivast mit Bildung einer Blüthe ab; oft sind diese Auszweigungen nur als äusserst winzige Emergenzen wahrnehmbar.

Letzteres ist besonders am Rhizom der Fall, dem die Adventivzweige, besonders am Rande oft einen dichten Kranz bildend, am häufigsten entspringen; doch bilden sich nicht selten einzelne derselben ziemlich vollkommen aus. Sonst nehmen diese Zweige am häufigsten an verletzten Stellen des Laubkörpers ihren Ursprung, seltener seitlich am Stiel, wo dieser ein gesundes Aussehen zeigt. Kützing bildet in der Phycol. gen. auf Taf. 36 den unteren Theil eines Thallus von Fucus vesiculosus ab, wo besonders auf der Laubfläche und am Rande Adventiväste stehen. Ich habe eine solche Stellung trotz Durchmusterung zahlreicher Exemplare niemals beobachtet, sondern immer nur gefunden, dass die Adventiväste der Mittelrippe selbst oder doch dicht neben derselben entsprangen. Wo der Laubkörper verletzt war stehen sie oft in dichten Büscheln beisammen; aus einem früher einmal quer durchschnittenen oder durchrissenen alten Thalluszweige sah ich dem Querschnitt sechs grosse, wohl entwickelte aber einfache Adventiväste derart neben einander entspringen, dass es aussah, als habe sich der Zweig in

6 Zipfel gespalten. — Die Adventiväste bilden ein sehr günstiges Object, den histologischen Aufbau junger Individuen zu verfolgen.

Spitzenwachsthum.

Die Verlängerung des Thallus von Fucus vesiculosus findet statt durch ausschliessliche Thätigkeit eines an der Spitze des Laubkörpers gelegenen Bildungspunktes und durch Längsstreckung der von diesem erzeugten Zellen; da die Stiele sich aus den Mittelrippen des Laubes entwickeln, so gehen auch sie natürlich aus dem Bildungspunkt der Laubspitze hervor. Betrachtet man eine solche Laubspitze genauer, so bemerkt man die Mittelrippe in ungeminderter Stärke bis an das Ende auslaufen, während der Laubrand sich nach vorne wenig verschmälert; die Spitze selbst ist an rein vegetativen Zweigen abgestutzt, wo eine Dichotomirung stattgefunden hat, natürlich zweispaltig. Dieses abgestutzte Ende ist zugleich wenig aufgeschwollen und von vorne her durch einen in der Richtung der Laub-Ebene verlaufenden Spalt in zwei Lippen getheilt. (Vgl. Taf. VI, Fig. 4, 5.)

Dieser Spalt dringt ziemlich tief ein und erweitert sich meistens am Grunde etwas, so dass die Böschungen der beiden Lippen überhängend werden; eine Stelle in der Mitte ist meistens ein wenig kesselförmig ausgerundet. Nach beiden Seiten hin, wo die Abstutzung der Laubspitze aufhört, läuft der Spalt als sich immer mehr verflachende Furche aus.

Am Grunde dieses Spalts, und zwar dort, wo sich derselbe ein wenig ausrundet, befindet sich der eigentliche Bildungspunkt. Derselbe ist seitlich und auch gegen jeden gröberen Stoss von vorne geschützt durch die wulstigen Lippen des Spalts, ausserdem ist der ganze Spalt erfüllt von einem sehr consistenten Schleim, welcher von den Aussenwänden der Zellen sowohl der Lippen als auch des Bildungspunktes erzeugt wird, wie man aus den scharfen Contouren erkennt, die den Schleim durchsetzen (vgl. Taf. VI, Fig. 4, 5). So wird dem Bildungspunkte von Fucus durch die tiefe Einsenkung derselbe Schutz zu Theil wie den Bildungspunkten höherer Gewächse durch das vorauseilende Wachsthum der Blätter beziehungsweise durch die Wurzelhaube, und eine Einbettung in dichten Schleim vollendet diesen Abschluss wie in den Laubknospen der Phanerogamen.

Das Studium des Bildungspunktes von oben ergiebt, dass derselbe aus einer Gruppe gleichwerthiger und ziemlich gleich grosser

Zellen besteht, die in Allwärtstheilung begriffen sind; nicht selten ragt unter diesen Zellen eine im Centrum gelegene durch Grösse hervor, ohne sich sonst durch Segmentirung u. s. w. irgend wie vor ihren Nachbar-Zellen auszuzeichnen. Dieselbe ist eben so häufig nicht unterscheidbar als sie vorkommt, und hat daher keinen höheren morphologischen Werth als eine ähnliche grössere Zelle, die man häufig im Scheitel der Phanerogamen, besonders der Gysmospermen findet. Uebrigens bin ich nicht abgeneigt, diese grössere Zelle bei Fucus für ein Scheitelzellen-Rudiment anzusprechen, da andere Fucaceen eine unzweifelhafte Scheitelzelle an ihrer Spitze besitzen.

Die Zellen, welche den eigentlichen Bildungspunkt ausmachen (Fig. 6), sind von sehr dichtem Plasma mit grossen gelben Oeltropfen erfüllt und durch äusserst zarte Wände geschieden. An und für sich undurchsichtig, hat es seine besonderen Schwierigkeiten, durch aufhellende Agentien die einzelnen Scheidewände in nöthiger Schärfe deutlich zu machen. Seitlich ist diese Gruppe nicht scharf abgegrenzt, nur der dichtere Inhalt und die dünneren Wände unterscheiden sie von den zunächst daran grenzenden Zellen des Spalt-Grundes und der Lippen, die sich ebenfalls noch im meristematischen Zustande befinden.

Die Beschaffenheit des Scheitel-Meristems wird erst deutlicher auf Längsschnitten, die man sowohl in der Richtung der Laubebene (Horizontalschnitt) als auch senkrecht dazu (Verticalschnitt) ausführen kann. Auf einem solchen Verticalschnitt, der durch die Mitte der Rippe zu legen ist, erkennt man, dass das Gewebe des Thallus allmählig übergeht in eine Meristemgruppe von nahezu kubischen Zellen, deren Plasmainhalte wegen der dünnen Scheidewände dicht an einander grenzen; in der fünften oder sechsten Schicht von Oben gerechnet beginnt dann die Streckung, welche die Zellen in den Dauerzustand überführt (vgl. hiezu Taf. VI, Fig. 4). Die äusserste Schicht dieser Meristemgruppe besteht aus prismatischen, senkrecht zur Oberfläche gestreckten Zellen und ist gegen die darunter liegenden Schichten fast ebenso deutlich abgehoben, wie das Dermatogen der Angiospermen; was die Aehnlichkeit mit diesen letzteren noch erhöht, ist der Umstand, dass auch diese Aussenschicht bei Fucus, die ich als Fortbildungsschicht bezeichnen will, in Richtung der Oberfläche an den älteren Thallustheilen allmählig zur Epidermis wird und letztere durch radiale Zelltheilung weiterbildet. Allein die Thätigkeit dieser Fortbildungsschicht bei

Fucus ist nicht auf die Erzeugung der Epidermis beschränkt, sondern ihre Zellen theilen sich auch durch tangentiale Wände und gliedern so die tieferen Meristemschichten ab, aus denen sich der Thallus aufbaut: Die Fortbildungsschicht liefert durch radiale Theilung die Epidermis, durch tangentiale Theilung das gesammte innere Gewebe von Fucus. Uebrigens beschränkt sich die Theilung der Fortbildungsschicht nicht auf die eine Stelle am Grunde des Spalts, die wir bei der Ansicht von Oben als Bildungspunkt ansprechen, sondern sie erstreckt sich (auf dem Verticalschnitt) noch nach den Lippen hinauf und erlischt erst allmählig, ebenso finden auch in der zweiten, dritten und sogar vierten darunter gelegenen Zellschicht noch Theilungen statt. Der Bildungspunkt ist also nach keiner Richtung scharf abgegrenzt, nur finden die Theilungen in der centralen Zellgruppe der Fortbildungsschicht am intensivsten statt. Jede dieser Zellen wird durch ihre tangential theilende Thätigkeit zur Initiale einer geraden Zellreihe, wie sie, parallel verlaufend, die Mittelrippe des Laubes zusammensetzen; in der Region des Meristems sind dies Zellreihen, welche nach rückwärts divergiren, was theils durch Erweiterung der Zellen, theils durch Spaltung der Reihen unterhalb der Fortbildungsschicht zu Stande kommen.

Der Horizontalschnitt der Bildungsregion gewährt über diese letztern keine besonderen Aufschlüsse und ist nur geeignet, die Entstehung des neben der Rippe gelegenen Dauergewebes erkennen zu lassen.

Die Dichotomirung des Bildungspunktes kommt dadurch zu Stande, dass die centrale Zellgruppe der Fortbildungsschicht auf ihren beiden Endpunkten in der Richtung des Spalts am intensivsten wächst; so wird sie durch eine Zellenplatte minder energischen Wachsthums in zwei Gruppen zerlegt, ein ursprünglicher Bildungspunkt hat sich in zwei neue gespalten, und zwar divergiren die Wachsthumsachsen der beiden neuen unter gleichen Winkeln von der Wachsthumsaxe des alten Bildungspunktes. Allmählig wird die indifferente Gewebeplatte zwischen den zwei neuen Bildungspunkten zu einem Joch, das auch den Spalt in zwei Theile zerlegt, und indem das wulstartige Hervorwachsen des Randes an dieser Stelle nachlässt, sind auch bald zwei neben einanderliegende Lippenpaare an Stelle des einen ursprünglichen aufgetreten. Man kann die Plastik dieses Entwicklungsganges sowohl auf Horizontalschnitten als auch bei Ansicht von Oben in allen ihren Phasen verfolgen.

Das Scheitelwachsthum von Fucus vesiculosus ist bereits von Kny in einer kurzen Notiz[1]) beschrieben worden, welche Darstellung mit der hier gegebenen im Allgemeinen übereinstimmt. Nur darin kann ich dem genannten Forscher nicht beipflichten, dass die Zellen der Fortbildungsschicht „sich nur durch fortgesetzte Quertheilungen verjüngen und Längstheilungen erst in den abgetrennten Innenzellen auftreten" sollen. Ich fand vielmehr in der von mir als Bildungspunkt bezeichneten Stelle ganz unzweifelhafte Längstheilung (d. h. Radialtheilung) der Fortbildungszellen, radiale Spaltungen, die sich dann durch die weiter nach Innen gelegenen Zellen fortsetzten, und zwar an eben dichotomirten Zweigen. Nur wo ein Zweig sich zur Gabelung anschickte, giebt auch Kny an, radiale Theilung beobachtet zu haben, deren häufiges Vorkommen noch in der älteren Epidermis derselbe ebenfalls betont; die Gabelung wird nach Kny durch einen die Spalte der Vegetationsspitze quer durchsetzenden Wall von Zellgewebe vollzogen. Einer neueren Mittheilung von Kny (Bot. Zeit. 1875 No. 27) zufolge scheint Pelvetia canaliculata im Scheitelwachsthum Fucus vesiculosus mit den unten zu erwähnenden Cystosireen zu verknüpfen.

Histologischer Aufbau.

Der Laubkörper von Fucus vesiculosus lässt folgende Gewebe unterscheiden: Epidermis, primäre Rinde, Verdickungsschicht, Füllgewebe des Laubes und Skelett in Gestalt der Mittelrippe; die Stiele gehören dem Systeme des Skeletts an, es sind die durch secundäres Dickenwachsthum veränderten Rippen des Laubes.

Die Epidermis ist als äusserste Schicht gegen die darunter liegenden Gewebe scharf abgesetzt durch die characteristische Gestalt ihrer Zellen; dieselben erscheinen sowohl auf Längs- wie auf Querschnitten in gleicher Weise keilförmig prismatisch (vgl. Taf. VI. Fig. 2), die leicht keilförmige Verschmälerung ihres Lumens wird dadurch zu Stande gebracht, dass die radialen Wände nach Innen zu durch Aufquellung sich verstärken; eine sehr zarte, scharf contourirte Mittellamelle ist in diesen verdickten Theil der Radialwände wahrnehmbar; dieselbe läuft der Oberfläche zu keilförmig aus, während sie auf der Grenze der subepidermalen Rindenschicht sich ungemein verbreitet und unmittelbar in die knorpelig-gallert-

---

1) Kny in Sitzungsber. der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin 16. Januar 1872, pag. 5 u. 6.

artige sogenannte Intercellularsubstanz übergeht, in welche alle inneren Zellen des Fucus-Gewebes eingebettet erscheinen. Dieselbe entsteht, wie hier gleich vorweg bemerkt sein mag, überall durch Quellung einer zwei Nachbarzellen gemeinsamen Mittellamelle ihrer Wandung. Die Aussenwände der Epidermiszellen sind leicht convex nach Aussen vorgewölbt, dabei von geringer Dicke und lassen keine deutliche Structurverschiedenheit erkennen; die cuticulärartig zusammen hängenden Aussenwände sind von ähnlich schleimig-gallertartiger Consistenz wie die Innenwände. Die ganze Aussenfläche der Epidermis ist mit einer feinkörnigen schleimigen Masse bedeckt, welche ein organischer Detritus zu sein scheint und mit Jod dem Protoplasma gleich sich bräunt.

Sämmtliche Zellwände der Epidermis wie auch der übrigen Gewebe und zwar sowohl die Mittellamellen- (Intercellularsubstanz) als auch die Specialwände nehmen mit Anilinlösung behandelt jenen rosarothen Ton an, der für den Pflanzenschleim characteristisch ist. Mit Chlorzinkjod erzielte ich in älteren Theilen auch eine Blaufärbung, die noch weit deutlicher mit Jod und Schwefelsäure hervortrat. Der dichte, protoplasmatische Inhalt der Epidermiszellen färbt sich mit Anilin dunkler roth als die Wände, mit Jod nimmt er die gewöhnliche braune Färbung des Protoplasma an. Feine Körnchen lassen sich auch hier von einer homogenen, hyalinen Grundmasse unterscheiden. In dem schlauchförmigen Protoplasmakörper heben sich dichtere Bildungen von ovaler Form ab, es sind dies Chlorophyllkörner, die sich in schärfer differenzirter Weise auch in den Zellen der primären Rinde befinden. In den Epidermiszellen geht der grösste Theil des Protoplasmakörpers in der Bildung der Chlorophyllkörner auf, dieselben sind zum Theil von der Grundmasse nicht zu unterscheiden. Daher sind auch die Zellen der Oberhaut die Hauptträger des Assimilationsprocesses, welche nur noch von den nächstbenachbarten Rindenzellen unterstützt werden. Die tiefer liegenden Zellen führen kein Chlorophyll mehr. Es hängt diese grosse biologische Wichtigkeit der Epidermis in erster Linie offenbar mit dem völligen Mangel an luftführenden Intercellularräumen zusammen, wodurch eine Gasdiffusion in die inneren Zellschichten hinein erschwert ist, dann aber auch würde sich eine Vorrichtung zur Assimilation im Innern schon aus dem Grunde kaum als nützlich erweisen, weil die Lichtstrahlen wohl zu geschwächt daselbst anlangen; übrigens scheinen doch viele Tange bei sehr geringer Lichtmenge assimiliren zu

können, da sie ja z. Th. in sehr erheblichen Tiefen vorkommen. Jedenfalls bedarf die Frage nach der Assimilation der Tange dringend einer experimentellen Bearbeitung und würde sicher interessante Resultate ergeben. So ist z. B. noch unbekannt, welcher Stoff als erstes sichtbares Assimilationsprodukt auftritt. Stärke kommt nirgends in der ganzen Pflanze vor, ebensowenig ist es mir gelungen, Glycose nachzuweisen. Dagegen ist es mir nicht unwahrscheinlich, dass fettes Oel hier aus der Kohlensäure als Endglied der Reihe des Assimilationsprocesses entsteht. Denn bei Behandlung mit Ueberosmiumsäure färbt sich der ganze protoplasmatische Inhalt der Epidermis und darunter liegenden Zellen tief braunschwarz, während in den inneren Zellen nur die einzelnen im Protoplasma vorhandenen stark lichtbrechenden grösseren Körnchen und Tropfen diesen Farbenton annehmen. Es können diese letzteren Körner und Tropfen hiernach nur Fett sein, da die Osmiumsäurefärbung für letzteren Stoff das weitaus characteristischste Reagens bildet; es wäre höchstens noch an eine Verwechslung mit Gerbstoff zu denken, allein letzterer wird durch Osmiumsäure vollkommen tintenschwarz, nicht braunschwarz gefärbt; auch färben sich die in Rede stehenden Zellinhalte von Fucus mit Eisensalzen gar nicht, wie denn Gerbstoffe im Fucus überhaupt gar nicht vorkommen. Ausserdem werden die betreffenden Substanzen durch ihre Löslichkeit in Aether und Unlöslichkeit in Wasser und Alcohol noch als Fett identificirt. Zieht man Fucus-Schnitte mit Aether aus, so tritt keine Färbung durch Ueberosmiumsäure mehr ein. In den Epidermiszellen erstreckt sich die Braunfärbung nicht bloss auf die feinen Körnchen, sondern auf den ganzen Inhalt, was darauf hindeutet, dass hier das Fett in äusserst feiner Vertheilung im Protoplasma gebildet wird. In grossen, kugligen Tropfen tritt das fette Oel als secundäre Bildung in solchen Gegenden auf, wo es sich um Neubildung von Zellen handelt, wie im Bildungspunkt der Spitze und in Callusgeweben, die später besprochen werden sollen. Dazwischen muss es in löslicher Form von der Stätte seiner ersten Bildung in den Chlorophyllzellen nach seinen Verbrauchsstätten hingeführt werden um hier wieder als Fetttropfen sich niederzuschlagen. Diese Rolle des Transportstoffes könnte der Mannit übernehmen, dessen Vorhandensein im Fucus durch verschiedene Analysen constatirt wurde.

Bemerkenswerth ist, dass die Epidermiszellen die Fähigkeit besitzen, sich durch radiale Wände zu theilen, so lange der Laub-

körper überhaupt wächst, und wenn derselbe zuletzt abstirbt, geht auch die Epidermis zu Grunde, um an den Stielen durch secundäre Neubildungen ersetzt zu werden. Daher haben auch die Epidermiszellen der ältesten und ganz junger Theile des Laubes die gleiche Grösse, während in den innern Geweben die Streckung eine wesentliche Rolle spielt. Es lässt sich ja die ganze Epidermis auf die Fortbildungsschicht im Bildungspunkt zurückführen, aus welcher sie durch Radialtheilung hervorging; und während diese Fortbildungszellen durch Tangentialtheilung die Reihen des inneren Laubkörpers inaugurirten, ging die Rinde aus der tangentialen Theilung der jungen Epidermiszellen auf den beiden Lippen der Vegetationspitze hervor. Entwickelungsgeschichtlich gehören also Rinde und Epidermis zusammen, nur durch die Ausbildung und Lage ihrer Zellen unterscheidet sich letztere von der ersteren. Die Flächentheilung der Epidermiszellen, welche als durch wiederholte Zweitheilung entstandene Tetraden bei einander liegen, tritt an einem in Kali durchsichtig gemachten Laubkörper bei Betrachtung von oben sehr deutlich hervor. Bemerkenswerth bleibt noch, dass wenn man eine Vegetationsspitze von oben betrachtet, diese Zelltetraden in Reihen angeordnet erscheinen, die quer über die beiden Lippen und sogar durch die Furche des Bildungspunktes verlaufen.

Als primäre Rinde des Laubkörpers will ich 2 bis 4 mitunter auch wohl 5 und 6 unmittelbar unter der Epidermis gelegene Zellschichten bezeichnen, deren Zellen nicht in der Fortbildungsschicht im Vegetationspunkte ihren Ursprung nehmen, sondern von den bereits etwas älteren Epidermiszellen durch tangentiale Theilung abgeschieden werden (Fig. 2 r). Diese Zellen sind ziemlich isodiametrisch, namentlich in der äussersten Schicht, während die Zellen der inneren Schichten ohne sich zu theilen an der Gesammtstreckung Theil nehmen und sich deswegen auch etwas in der Richtung der Längsaxe dehnen. Ihr Lumen ist abgerundet, wie bei den kuglig gerundeten Parenchymzellen vieler Phanerogamen, sie besitzen ein dichteres Protoplasma und Chlorophyllkörper und verhalten sich darin den Epidermiszellen fast gleich. Die Mittellamellen der Wände dieser Zellen quellen zu einer gallertartigen Zwischensubstanz auf, welche denjenigen Raum erfüllt, den bei Abrundung der Zellen die luftführenden Intercellularräume bei den höheren Pflanzen einzunehmen pflegen. Jede der Rindenzellen von Fucus ist dann noch von einer ziemlich dicken, doppelt contourirten

mitunter deutlich geschichteten Specialwand umgeben. Ausserdem findet sich sehr ausgeprägte Tüpfelbildung in den Wänden dieser Rindenzellen; hier verdünnt sich die ganze gemeinsame Wand zweier Zellen, die sonst aus den beiden dicken Specialmembranen und der aufgequollenen Mittellamelle besteht, zu einem äusserst zarten Häutchen (vgl. Taf. VI, Fig. 17). Wenn in den älteren Theilen des Laubes die Rindenzellen noch mehr sich strecken, so quellen auch die Mittellamellen noch stärker auf, und ragen dann längere Fortsätze des Zelllumens an den Stellen der ursprünglichen Tüpfel in die gallertartige Zwischensubstanz hinein, wobei natürlich die Fortsätze benachbarter Zellen auf einander treffen.

Von der primären Rinde werden diejenigen Gewebe umschlossen, welche direct im Bildungspunkt durch Tangentialtheilung der Fortbildungsschicht angelegt wurden: es sind das die Verdickungsschicht, dass Füllgewebe des Laubkörpers und die Mittelrippe.

Die Schicht, welche ich unter dem Namen Verdickungsschicht besonders hervorhebe, ist histologisch von sehr indifferentem Charakter und wird nur von Wichtigkeit dadurch, dass von ihr das secundäre Dickenwachsthum der Pflanze ausgeht. Die Verdickungsschicht grenzt unmittelbar an die primäre Rinde und ihre Zellen unterscheiden sich von dieser nur dadurch, dass sie mehr in Richtung der Längsaxe gestreckt sind und unter einander und namentlich mit den weiter nach Innen gelegenen Zellen nicht in dem festen Zusammenhang stehen, wie die Zellen der Rinde (vgl. Fig. 2 v). Ob die Verdickungsschicht aus ein oder mehreren Zelllagen bestehe, ist auch dem Wechsel in verschiedenen Theilen des Laubes unterworfen: die Mittelrippe ist, wie auf dem Querschnitt hervortritt, rings von mehren Zelllagen umgeben, die ich zur Verdickungsschicht rechnen, also alle Zellen zwischen dem Rippengewebe und der Rinde. In den Laubflügeln dagegen hört die Verdickungsschicht allmählig ganz auf, indem nur noch einzelne Zellreihen die der Verdickungsschicht zukommende Fähigkeit zeigen.

Der Hauptsache nach wird also die Verdickungsschicht gebildet aus Zellen, welche die Mittelrippe umgeben und ihrer Gestalt nach weder gegen diese, noch gegen die Rinde scharf abgesetzt sind. Es besteht die Verdickungsschicht aus einzelnen Längsreihen parenchymatischer Zellen mit dünnen Specialwänden, die einzelnen Reihen stehen in sehr lockerem Verband mit einander, die z. Th. sehr weiten Zwischenräume sind von „intercellularem" Schleim

erfüllt; der Zusammenhang der einzelnen Zellreihen findet, wo das Verdickungsgewebe sehr locker ist, dadurch statt, dass sie gegeneinander conniviren wie ein paar Mongeotia-Fäden und mittelst ganz kurzer seitlicher Fortsätze sich aneinander legen. Morphologisch sind diese kurzen Fortsätze den gleichen Fortsätzen, beziehungsweise den Tüpfeln der Rindenzellen (und ebenso den Tüpfeln phanerogamer Gewebe) gleichwerthig, da ja der Intercellularschleim die aufgequollene (verdickte) Mittellamelle der Zellwände darstellt.

Das Füllgewebe, welches die beiden Flügel, links und rechts von der Mittelrippe des Laubes ausfüllt, lässt sich am besten auf horizontalen Längsschnitten des Laubes überblicken (vgl. Kützing, Phycol. gen. Taf. 34, Fig. 3 c.) Es giebt sich hier zu erkennen als ein ganz lockeres Netzwerk von Zellreihen, deren jede das Ansehen einer Fadenalge hat, und die aus mehr oder minder langen, cylindrischen Parenchymzellen mit dünnen (Special-) Membranen bestehen. Dass dies Gewebe ein parenchymatisches ist, geht unzweifelhaft hervor, wenn man seine Entwicklung bis zur Fortbildungsschicht hinauf verfolgt. Hier gehen die Zellen des Füllgewebes aus den primären, vom Bildungspunkt divergirend ausstrahlenden Reihen von Parenchymzellen dadurch hervor, dass gleich bei der Streckung die Bildung der schleimerfüllten Intercellularräume beginnt, und die Zellen nur noch durch einzelne Fortsätze mit einander in Verbindung bleiben, derart, wie ich es bereits beim Verdickungsgewebe beschrieben habe. Dann findet eine lang andauernde intercalare Theilung in den Zellen des Füllgewebes statt, wodurch zuletzt auch die ursprünglichen seitlichen Fortsätze zu kurzen Zellreihen werden können. Indem nun die schleimerfüllten Intercellularräume sich immer mehr vergrössern, kommt endlich die zu anfang beschriebene Situation zu Stande. Gegen die Mittelrippe zu geht das Füllgewebe allmählig in das Verdickungsgewebe über, von der Rinde ist es durch eine im Aussehen mit dem Verdickungsgewebe übereinstimmenden Zellschicht getrennt, deren Zellen jedoch nur ausnahmsweise sich den Verdickungszellen gleich verhalten.

Das Gewebe der Mittelrippe besteht aus mehr weniger parallelen Reihen cylindrischer Parenchymzellen. Bereits dicht unter der Vegetationsspitze heben sich dieselben dadurch von den Zellen des Füllgewebes ab, dass sie sich übereinstimmend mehr längs strecken, und wenn auch zwischen ihnen sich Intercellular-

räume bilden, diese doch den parallelen Verlauf der Reihen nicht ändern. Die Quer-Communication der Zellreihen wird auch hier durch Tüpfel oder durch kurze, seitliche Fortsätze vermittelt. Sehr häufig bilden sich in der Mittelrippe auch grössere Hohlräume durch seitliches Auseinanderweichen ganzer Reihencomplexe; an getrockneten Exemplaren kann man bedeutendere derartige Lücken schon von Aussen mit blossem Auge erkennen.

Der Inhalt der Zellen sowohl des Verdickungs- als auch des Füll- und Rippengewebes besteht aus einem bald gröber bald feiner körnigen, farblosen Protoplasma nebst schleimhaltigem Zellsaft.

Diese Structurverhältnisse finden sich unverändert aber nur im jüngsten Theile des Laubkörpers; bereits etwa 2 Centimeter unterhalb der Vegetationsspitze trifft man auf secundäre Complicationen.

Secundäres Dickenwachsthum.

Die secundären Veränderungen, welche sich im Innern des Thallus von Fucus vollziehen, und auf denen das sehr beträchtliche Dickenwachsthum der Mittelrippe, beziehungsweise der Stiele beruht, hebt eine gewisse, nicht genau bestimmbare Strecke unterhalb des Bildungspunktes an und nimmt seinen Ursprung aus jenem Gewebe, welches wir oben als Verdickungsschicht bezeichnet haben.

Es beginnt die Erscheinung damit, dass anfangs einzelne, später immer mehr und schliesslich wohl die meisten Zellen dieser Schicht an ihrem unteren, d. h. der Thallusspitze abgewandten Ende, und zwar der Axe zugekehrt, eine schlauchförmige Aussackung bilden, die sich alsbald verlängert und zu einem durch Querwände sich fächernden Zellenfaden auswächst, den ich kurzweg als Hyphe bezeichnen will, weil er sich in nichts von den Hyphen genannten Zellfäden der Pilze unterscheidet. Man möchte in der That fast glauben, mit auskeimenden Pilzsporen zu thun zu haben, wenn man dies merkwürdige Auswachsen der Verdickungszellen beobachtet (Vgl. Fig. 2 v).

Von allen Seiten, schräge nach abwärts dringend, bohren sich nun diese Hyphen in die von Schleim erfüllten Intercellularräume der Mittelrippe ein, zunächst die grösseren Lücken an der Peripherie dann auch im Innern derselben ausfüllend. Ein einzelner Hyphenfaden besitzt nur in der Nähe seines fortwachsenden Scheitels eine dünne Zellmembran, welche ein dichtes, körniges Protoplasma umschliesst, bereits dicht hinter dem Scheitel verdickt sich die

Wand derartig, dass sie stellenweise fast kein Lumen mehr übrig lässt. In älteren Theilen vergrössert sich durch nachträglich erfolgte Streckung aber auch das Lumen wieder.

Die Hyphen verlängern sich mittels Spitzenwachsthum und theilen sich von Strecke zu Strecke durch eine Querwand, auch besitzen sie seitliche Verzweigung und verästeln sich in reichem Masse (Fig. 10 h). In die Intercellularräume eingedrungen, wachsen sie zunächst den Parenchymreihen der Mittelrippe parallel nach unten, wo sie den Raum finden, wachsen sie aber auch nicht selten schräge und transversal durch die Rippe hindurch.

Führt man einen Querschnitt durch eine Region, wo die Hyphenbildung begonnen hat, so unterscheidet man die quer durchschnittenen Hyphen sehr leicht an ihrem geringeren Durchmesser, engem Lumen und dicker Wandung von den ursprünglichen Parenchymzellen der Rippe, und sieht, dass sie sich zuerst in Menge in der lockeren Verdickungsschicht entwickeln, also am Umfang der Rippe, dann in den grösseren Hohlräumen der letzteren. Ein Längsschnitt zeigt, dass wenn die Hyphen im Allgemeinen auch den Längsverlauf inne halten, sie doch schlängelnd sich durch einander flechten und besonders durch ihre Verzweigungen einen innigen Verband mit einander bilden. In den älteren Theilen der Rippe quellen die Mittellamellen zwischen den einzelnen Parenchymreihen immer mehr auf und sobald eine hinreichende Lücke entsteht, dringen die Hyphen dazwischen hinein, so dass zuletzt alle Parenchymreihen durch ein massig entwickeltes Hyphengewebe von einander isolirt werden, und nur noch durch ihre Querfortsätze mit einander zusammenhängen (Fig. 1. Fig. 3 m). Auf Querschnitten durch den Stiel findet man das Hyphengewebe zuletzt ganz vorwiegen und nur einzelne, grosse Zellen mit bräunlichem Inhalt darin eingestreut, es sind das die durch nachträgliche Streckung sehr voluminös gewordenen Parenchymzellen der Rippe, die einst dicht an einander schlossen. Im unteren Theil des Stiels wird der Verlauf der Hyphen wieder unregelmässiger, man sieht sie oft quer verlaufen. Hier nämlich wenden sich die einzelnen Aeste wieder nach auswärts und gegen die Rinde, um sich in dieselbe einzubohren und so zu endigen. Es tritt dies besonders deutlich auf macerirten Längsschnitten hervor, die man durch Behandlung mit concentrirter Salzsäure gewinnt. Derartige Präparate liessen mich anfangs vermuthen, dass die Hyphen in der Rinde entspringend im Stiel und der Rippe nach aufwärts wüchsen, allein diese Auf-

fassung widerlegte sich sehr bald durch die Beobachtung, dass mehre getrennt aus der Rinde hervorgehende Fäden sich bald mit einander vereinigten: es hatte eben eine Hyphe kurz vor ihrem Eintritt in die Rinde noch einige Zweige getrieben.

Die Basis des Stiels, speciell die Rhizomscheibe, besteht ausschliesslich aus Hyphen und besitzt keine eingestreuten Parenchymzellen.

In den Laubrand des Thallus, wo doch der meiste Raum für sie wäre, dringen die Hyphen nur ganz vereinzelt ein und sind hier ohne jede weitere Bedeutung. Wenn die Mittelrippe zum Stiel wird, so bräunt sich zunächst die schleimige Intercellularsubstanz des Laubrandes, womit ein Absterben der Zellen verbunden ist und dann bröckelt der Laubrand allmählig ab, wie es bereits oben beschrieben wurde.

Wenn nun auch die Verdickung des Stiels von Fucus, die sehr beträchtlich werden und Centimeter-Stärke erreichen kann, vorwiegend auf der massenhaften Entwicklung der Hyphen zwischen den Parenchymreihen der ursprünglichen Mittelrippe beruht, so ist damit das secundäre Dickenwachsthum dieser Pflanze noch keineswegs erschöpft, sondern auch die Rinde nimmt daran Theil.

In der Region, wo bereits die Hyphenbildung eingetreten ist, verliert die Epidermis bald ihre Theilbarkeit, und ihre Zellen nehmen nunmehr schnell ein braunes, abgestorbenes Aussehen an; sie wird zuletzt abgeworfen wie die Epidermis unserer dicotylen Holzgewächse, während in der Rinde sich neues Leben zu regen beginnt. Die inneren Rindenzellen nämlich fangen an, sich lebhaft durch tangentiale Wände zu theilen und dadurch radial verlaufende Zellreihen zu bilden; einzelne dieser Reihen können sich auch noch durch radiale Wände spalten. Es entsteht hierdurch ein neuer Gewebemantel um die inneren Theile des Stiels herum, welcher die grösste Aehnlichkeit mit dem Periderma der Phanerogamen Holzpflanzen besitzt, indem auch die einzelnen Zellen ihrer Gestalt nach den Korkzellen gleichen. Ich will dieses Gewebe, dessen Bildung kurz über der Region anhebt, wo der Laubkörper von der Mittelrippe verschwindet, als secundäre Rinde bezeichnen im Gegensatz zur primären Rinde, die aus der Epidermis hervorging (Taf. VI, Fig. 3 sr). Diese secundäre Rinde nimmt meistens mit der Dicke des Stiels auch an Mächtigkeit zu, entwickelt sich aber anfangs in der Regel nur zweiseitig, indem die durch Abbröckeln des Laubes entstandenen Wundränder sich erst später schliessen;

dann wird der Rindenmantel ein allseitiger. Ich habe die secundäre Rinde in einer Stärke von 20 Zelllagen und darüber gefunden. Nach der Basis des Stiels zu nimmt ihre Mächtigkeit allmählig wieder ab, und fehlt sie ganz dem nur aus Hyphen bestehenden Rhizome.

Vergegenwärtigen wir uns noch kurz die mechanischen Leistungen, deren die soeben erläuterte Gewebebildung von Fucus vesiculosus fähig erscheint, so ist die Beziehung derselben zur Lebensweise dieses Tanges evident. Fucus vesiculosus ist ein Brandungsgewächs in eminentem Sinne, und als solcher bedarf er eines Skeletts oder, wenn man die Wendung vorzieht, eines mechanischen Systems von ungemeiner Zähigkeit, Biegsamkeit und Elasticität; diese Erfordernisse werden, abgesehen von der eigenthümlichen Biegsamkeit und Dehnbarkeit der Zellhäute durch den histologischen Aufbau erreicht. Die mit einander fest verschlungenen Hyphen bilden ein System von ähnlicher Leistungsfähigkeit wie ein aus Hanffasern gedrehtes Tau. Und weil bei stiller See der Fucus seinen Laubkörper hoch halten muss zum Zwecke der Assimilation, so war es für ihn nützlich eine festere Scheide, die secundäre Rinde, an der Oberfläche seiner Stiele zu bilden um denselben eine grössere Steifigkeit zu verleihen; damit aber beim Sturme diese grössere Steifheit ihm nicht zum Nachtheil gereiche, hört die Rindenbildung an der Basis des Stieles auf und hier findet sich ein äusserst biegsames Gelenk, mittels dessen die Pflanze den Bewegungen der von Sturm gepeitschten Wogen sich anschliesst.

Die Luftblasen.

Die Vertheilung der Luftblasen im Laube und ihre geringe Wichtigkeit für den Speciescharacter von Fucus vesiculosus wurde bereits oben besprochen; hier nur noch ein paar Notizen über die histologische Beschaffenheit der Blasen-Wände und ihre Entwicklung.

Dass der lufterfüllte Hohlraum in den Bereich des Füllgewebes des Laubes hineinfällt und hier den einzigen luftführenden Intercellularraum der Pflanze darstellt, dass ferner die Wände der Blase hauptsächlich von der Rinde gebildet werden, lehrt ein Längsschnitt durch eine ausgewachsene Blase und den daran stossenden Laubkörper. Ein solcher Schnitt zeigt, dass die Epidermis der Blase von der Epidermis des übrigen Laubkörpers nicht abweicht, dass ferner unter der Epidermis die eigentliche Wand der Blase ge-

bildet wird von einem dicht zusammenschliessenden, 12 bis 20 Zelllagen dicken Parenchym, dessen äussere Zellen dünne nicht aufgequollene Wände und ein weites Lumen besitzen, während die innere Hälfte der Zelllagen der gewöhnlichen Rinde entspricht.

Die äusseren Zelllagen entwickeln sich durch Theilung der äusseren, die inneren durch Theilung der inneren Rindenzellen, und kann man am Rande der Blase den Uebergang dieser Gewebe in die gewöhnliche Rinde des Laubes verfolgen. Ausserdem ist der Hohlraum ausgekleidet von einem dünnen, aus Zellenfäden bestehenden Filz, den Resten des vertrockneten Füllgewebes, dessen Zusammenhang mit dem Füllgewebe des Laubes man ebenfalls an der Uebergangsstelle wahrnimmt.

Der erste Anfang einer Blase giebt sich an einer leichten, localen Schwellung des Laubes zu erkennen, die sich gallertartig anfühlt; sie kommt nicht etwa durch Vermehrung von Zellen, sondern durch Vermehrung der gallertartigen Zwischensubstanz zu Stande, wodurch die Maschen zwischen den einzelnen Zellreihen immer grösser werden. Dann scheidet sich, während die Zelllagen der Rinde durch Theilung sich vermehren, auf eine nicht näher nachzuweisende Art Gas im Innern der Gallertmasse aus, wodurch diese schliesslich verdrängt wird, vertrocknet und die Zellenfäden des Füllgewebes bis an die Rinde zurückweichen. Jedenfalls liegt hier ein Fall von Gasausscheidung im Innern des Pflanzengewebes vor, der vielleicht nur die Bedeutung hat, Schwimmapparate für den Laubkörper des Thallus zu schaffen, und der um so mehr eine genauere eudiometrische Untersuchung verdiente, als das Gas der Blase nirgends mit der Atmosphäre zu communiciren vermag.

Fasergrübchen.

Auch hinsichtlich der Vertheilung der Fasergrübchen (vgl. Kützing, Phyc. gen. Tab. 33, Fig. 1) ist das oben gesagte zu vergleichen, hier mögen nur noch einige histologische Details ihre Stelle finden.

Die Fasergrübchen sind tiefe Einsenkungen in das Laub; die Epidermis hört an der betreffenden Stelle auf, die Rinde bildet eine Einstülpung, durch welche das darunter gelegene Füllgewebe zusammengepresst wird. Dem Grunde des Fasergrübchens entspringen die sogenannten Sprossfäden; es sind das lange, gegliederte, d. h. aus einer Zellreihe bestehende Haare, welche aus den das

..sergrübchen auskleidenden Rindenzellen entstehen und durch ..ie sich verengende Mündung des Grübchens hindurchdringend an der Oberfläche des Laubes einen langen, im Wasser fluthenden Haarbüschel bilden.

Die Zellwände der Haare sind zart, ihr Inhalt besteht aus einem dünnen, körnigen Plasmaschlauch und Zellsaft. Diese langen Zellfäden nehmen am Grunde des Fasergrübchens ihren Ursprung; die Zellen, welche die Seitenwände des Fasergrübchens tapezieren, wachsen nur in kurze Papillen aus. Nachdem die langen Zellfäden gebildet, entwickeln sich zwischen ihnen noch büschelweise beisammen stehende, einzellige Haare, die aber nicht zur Mündung des Fasergrübchens hinauswachsen; die einzelnen Büschel sitzen auf kleinen Hervorragungen, die durch Wachsthum und Theilung einzelner Gruppen der das Grübchen umgebenden Rindenzellen entstehen.

Die Entwicklungsgeschichte der Fasergrübchen ist leicht auf einem neben der Mittelrippe her geführten Längsschnitte durch die Vegetationsspitze, sowie auf Ansichten von Oben, zu verfolgen. Die erste Anlage bemerkt man an den lippenförmigen Wülsten, die den Bildungspunkt einschliessen. Dieselbe markirt sich beim Beschauen von Oben dadurch, dass einige benachbarte Epidermiszellen (ursprünglich 4 bis 5, die sich dann rasch durch Theilung vermehren) auseinanderweichen in ganz ähnlicher Weise, wie es bei der Bildung der Harzgänge der Coniferen geschieht, und einen von Schleim erfüllten Intercellularraum zwischen sich bilden. Der Längsschnitt zeigt, dass nicht nur die Epidermiszellen auseinanderweichen sondern auch die darunter gelegenen Rindenzellen und somit ein kurzer, von der äusseren Oberfläche in das Innere des Laubes eindringender, intercellularer Canal gebildet wird, welcher bei der rasch vor sich gehenden Streckung des Laubes sich am Grunde flaschenförmig erweitert und ein junges Fasergrübchen darstellt, wobei die dasselbe ursprünglich umgebenden Meristemzellen den Character der gewöhnlichen Rindenzellen annehmen. Die an das Grübchen angrenzenden Rindenzellen wachsen alsbald zu Papillen aus, die Papillen an der Basis des Grübchens verhalten sich wie Scheitelzellen und theilen sich wie solche durch Querwände, sie bilden rasch eine Reihe sehr kurzer Gliederzellen, die durch Streckung sich zur Mündung des sich ebenfalls immer mehr erweiternden Fasergrübchens hinausschieben und die langen Sprossfäden darstellen.

Hiermit sind nun die Wachsthumsvorgänge in den Fasergrübchen noch nicht erschöpft. Wie schon bemerkt, treten später noch büschelförmig gruppirte einzellige Haargebilde hinzu, die einzelnen Wandungszellen entsprechen. Diese letzteren werden im alten Laube immer zahlreicher und stehen so dicht, dass sie mitsammt den Basalstücken der später abwitternden Sprossfäden einen dichten, gewebeartigen Verschluss des Fasergrübchens bilden; wo noch Zwischenräume zwischen diesen, oft keulenförmig anschwellenden, Haargebilden bleiben, werden dieselben von bräunlichem, erhärtetem Schleime erfüllt. Makroscopisch erscheinen die Fasergrübchen dann noch als braune Flecke, um später dem Verwitterungsprocess anheimzufallen, der den ganzen Laubrand vernichtet.

Bemerkenswerth ist noch, dass an Zweigen, deren Wachsthum aus irgend welchen Gründen nicht vorwärts geht, der Bildungspunkt sich direct zu einem Fasergrübchen umwandelt, indem die Zellen desselben zu den characteristischen Sprossfäden auswachsen.

Metamorphose.

Indem ich mit Eichler [1]) für die beste Definition der phanerogamen Blüthe halte, dass „Blüthe ein zur geschlechtlichen Reproduction ausgebildetes Sprossende“ sei, nehme ich, um unserer Terminologie ein neugebildetes Gräco-barbarisches Wort zu ersparen, keinen Anstand, auch die Gesammtheit des Geschlechtsapparates eines Fucus-Zweiges eine Blüthe zu nennen, indem ich nach Analogie der Phanerogamen bei den Fucaceen ein zur geschlechtlichen Reproduction ausgebildetes Thallusende als eine Blüthe auffasse.

Die Anwendung eines sonst nur bei den Phanerogamen gebräuchlichen Terminus auf die Fucaceen erscheint um so mehr gerechtfertigt, als die Metamorphose bei dem so ungemein viel einfacheren Fucus dennoch derjenigen der höheren Gewächse analog verläuft. Eine Gliederung des Thallus bei Fucus in ungleichwerthige Theile existirt nicht: daher muss ein beliebiger Thallus-Zipfel als Ganzes der Geschlechts-Metamorphose unterliegen. Die einzigen, ausgeprägten Organe am vegetativen Thallus sind die Fasergrübchen; daher werden die Fasergrübchen in der Metamorphose zur Bildung der Geschlechtsorgane verwandt.

---

1) Blüthendiagramme pag. 3.

Es liegt mir fern, den reproductiven Apparat von Fucus hier ausführlich schildern zu wollen, derselbe ist seinem Aeussern nach oft genug beschrieben worden und sind hinsichtlich der Entwicklung der Eizellen und Antheridien sowie besonders der Zeugungserscheinungen die klassischen Arbeiten von Thuret zu vergleichen. Hier kommt es mir nur darauf an, die einzelnen Züge der Metamorphose, die in der Blüthe von Fucus so evident hervortritt, darzulegen.

Die Ausbildung eines Thalluszweiges von Fucus vesiculosus zur Blüthe besteht darin, dass das Zweigende keulenförmig aufschwillt und eine grosse Menge von Conceptakeln entwickelt: ich kann mich hier vollständig auf die Abbildungen bei Kützing[1]) beziehen. Histologisch ist der Körper der Blüthe dadurch ausgezeichnet, dass im Inneren der Gegensatz von Mittelrippe und Füllgewebe geschwunden und nur ein lockres, dem Füllgewebe entsprechendes, parenchymatisches Netzwerk von Zellenfäden eine grosse Menge flüssigen Schleimes einschliesst, der beim Durchschneiden der Blüthe hervorquillt. Nach Aussen ist der Körper gefestigt durch die Epidermis und einige Schichten von Rindenzellen. Die Conceptakeln sind rundlich-krugförmige Behälter, die durch eine enge Mündung mit der Oberfläche communiciren. Die Epidermis hört zu beiden Seiten der Mündung auf; das Gewebe, welches die Wände des Conceptaculums bildet, besteht aus kleinzelligen, nahezu isodiametrischen Zellen, die der Rinde entsprechen.

Der Zellschicht, die unmittelbar an den Hohlraum des Conceptaculums grenzt, entspringen einmal lange einfache Zellfäden, die als kurze Haarbüschel aus der Mündung des Conceptaculums hervorragen und ausserdem büschelweise beisammen stehende Zellfäden, die sich seitlich verzweigen und deren Astzellen z. Th. zu Antheridien-Mutterzellen werden, z. Th. steril bleiben.

Die einfachen, sterilen Fäden entspringen hier vorwiegend am Halse des Conceptaculums, die verzweigten, fertilen Büschel am Grunde; die grösseren dieser Büschel wenigstens sind auch hier kleinen, von dem darunter liegenden Rindengewebe gebildeten Höckerchen aufgesetzt.

So in den männlichen Blüthen.

In den weiblichen Blüthen findet man an der ganzen Wand des Conceptaculums büschelweise beisammen stehende sterile

1) Phycol. gen. Tab. 34.

Gliederfäden, die sich ebenfalls verzweigen können, und dazwischen die Oogonien, die als ganz kurze Ausstülpungen der äussersten Rindenschicht entstehen.

In einzelnen Blüthen fand ich einzelne Zellen der innersten Rindenschicht, die ja der oben behandelten Verdickungsschicht entspricht, zu kurzen Hyphenfäden ausgewachsen.

Wenn auch schon der Augenschein der erwachsenen Organe es lehrt, dass die Conceptacula der Blüthe homolog sind den Fasergrübchen des vegetativen Thallus, so findet diese Auffassung einen entscheidenden Beweis in der Entwicklungsgeschichte. Die Conceptacula werden genau so in der Nähe des Bildungspunktes angelegt, wie die Fasergrübchen: durch Auseinanderweichen von Zellen der Epidermis und der darunter gelegenen Rindenschichten bohrt sich gleichsam ein Hohlraum von der Oberfläche in die Rinde ein, um sich hier flaschenförmig zu erweitern: auf dieser Stufe giebt es keinen erkennbaren Unterschied zwischen Fasergrübchen und Conceptaculum; wir haben es mit der Erscheinung zu thun, dass ein der Anlage nach identisches Organ sich im einen Fall zu vegetativer, im anderen Fall zu reproductiver Thätigkeit entwickelt.

Die erste Anlage einer Blüthe giebt sich darin zu erkennen, dass an der Spitze eines Thallus-Zweiges Fasergrübchen in viel grösserer Zahl als gewöhnlich, dicht beisammen stehend, angelegt werden. Wenn auch hier anfänglich auf Querschnitten noch die Anlage einer Rippe zu bemerken war, so weichen deren Zellen doch bald aus einander und bilden ein ähnliches Gewebe wie das umgebende Füllgewebe. An der Spitze, wo bislang der in einer tiefen Spalte eingesenkte Bildungspunkt thätig gewesen war, gleicht sich durch Aufhören der Thätigkeit des letzteren allmählig die Niveau-Verschiedenheit aus, an Stelle der Spalte rundet sich die Thallusspitze ab. Die Weiterentwicklung bis zur Geschlechtsreife der Blüthe bietet keine characteristischen Momente dar.

Entstehung der Adventivzweige.

Was den Ursprung der adventiven Aeste anbetrifft, so liegen darüber zwei Notizen vor, die eine von Kützing[1]), die andere von Magnus[2]). Kützing, welcher die betreffenden Gebilde „Keimknospen“ nennt, giebt folgende Darstellung:

1) Phycol. gener. pag. 125 und Taf. 36.

2) Sitzungsber. d. Gesellsch. naturforsch. Freunde in Berlin 16. Januar 1872 pag. 13.

„Bei Fucus vesiculosus habe ich die Entwicklung der Keimknospen vom Anfange bis zu ihrer vollständigen Ausbildung verfolgt. Man findet nämlich bei diesem Tange häufig, dass gewisse Individuen an der Basis ihres Phycoms junge Pflänzchen hervortreiben (Taf. 36, Fig. 1). Diese findet man in den verschiedensten Entwicklungsstufen. Die ersten Anfänge zeigen sich als kleine Fasergrübchen, welche, wie gewöhnlich, mit einem verdickten Rande umgeben sind. Macht man einen senkrechten Schnitt durch diese Grübchen, so sieht man, dass der Grund derselben mit den Anfängen der Keimknospe besetzt ist (Fig. 2 a), man sieht aber auch, dass diese Anfänge aus fadenförmigen Bildungen bestehen, die jungen Sprossfäden gleichen, nur dass sie verbunden, nicht frei sind. Sie werden auch nicht frei, sondern je mehr sie sich entwickeln, um so mehr wachsen sie zusammen, eine Peridermis überzieht sie gemeinschaftlich und verhütet ihr Auseinandergehen, wenn sie so weit entwickelt sind, dass sie über das Keimgrübchen hervorragen (Fig. 3 a). Je mehr sie sich über das Grübchen erheben, desto mehr nähert sich ihre innere Structur derjenigen, welche man an jungen Pflänzchen desselben Tanges bemerkt, die durch Keimung wahrer Samen sich erzeugt; dabei werden die Ränder des Grübchens auseinander getrieben, das letztere wird flacher (Fig. 3) bis von ihm zuletzt keine Spur mehr vorhanden ist (Fig. 4)."

Hiergegen bemerkt Magnus a. a. O.:

„Bei Fucus vesiculosus hat ausser der Dichotomie eine Sprossbildung auf der Fläche der Frons statt, die Kützing bereits beobachtet hat. Kützing giebt an, dass sie sich im Grunde der über dem Laube zerstreuten Fasergrübchen aus den sich vereinigenden Sprossfäden derselben bilden. Letztere Angabe ist unrichtig. Sie bilden sich häufig durch gemeinschaftliches Auswachsen der Wandungszellen der Grübchen, sowie auch der Rindenzellen eines oberflächlichen Fleckes. Die Scheitel dieser jungen Sprosse sind anfangs convex und wachsen mit symmetrisch divergirenden Zellreihen; erst später werden die Scheitel vertieft. Diese jungen Sprosse haben auch häufig seitliche Zweigbildung durch Auswachsen der peripherischen Rindenzellen."

Was zunächst die Angaben von Kützing anbetrifft, so habe ich dazu zu bemerken, dass ich unter sehr zahlreichen Fällen nur sehr wenige auffand, wo ein Adventivzweig gerade aus einem Fasergrübchen hervorwuchs, und dass mir dieser Umstand als

durchaus zufällig erscheint. Vergleicht man mit Kützings Angaben seine citirten Abbildungen, so ergiebt sich mit Evidenz, dass Fig. 2 und 3 recht naturgetreu den Zustand darstellen, in welchem sich sämmtliche ältere Fasergrübchen befinden, indem dieselben durch nachträgliche Bildung kurzer, dicht beisammenstehender Sprossfäden verschlossen werden, wie es oben bereits beschrieben wurde. Dagegen sind Fig. 5 und wahrscheinlich auch Fig. 4 in der That junge Adventivzweige, die aber mit den in Fig. 2 und Fig. 3 abgebildeten Zuständen ausser jedem entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang stehen.

Ebensowenig wie der Darstellung von Kützing vermag ich derjenigen von Magnus beizupflichten, wonach die Adventivzweige „durch gemeinschaftliches Auswachsen der Wandungszellen der Grübchen, sowie auch der Rindenzellen [würde nach der hier vertretenen Auffassung Epidermiszellen heissen] eines oberflächlichen Fleckes“ sich bilden sollen. Beides habe ich niemals beobachtet, und weicht diese Angabe so weit ab von dem Entwicklungsgange, den ich sogleich in seinen Einzelheiten schildern werde, dass ich vorläufig nicht umhin kann, die Richtigkeit derselben in Zweifel zu ziehen.

Der geeignetste Ort, die Entwicklungsgeschichte der adventiven Aeste zu verfolgen, ist das Rhizom, aus welchem man oft hunderte von kleinen Trieben dicht neben einander, in jeder Grösse, hervorwachsen sieht. An dieser Stelle ist der Ursprung aus Fasergrübchen schon durch den Umstand ausgeschlossen, dass Fasergrübchen am Rhizom, welches nach unserer obigen Darstellung ja ganz aus Hyphen besteht, überhaupt gar nicht vorkommen. Zerlegt man ein solches Rhizom, in welchem eine intensive Neubildung adventiver Glieder vor sich geht, in eine Anzahl Längsschnitte in geeigneter Richtung, so wird man auf denselben die wichtigsten Entwicklungsstadien bereits überblicken können. Die etwas älteren Stadien sieht man der Rhizom-Oberfläche aufsitzen, jüngere ragen mit ihrem unteren Theil wurzelartig in ihr Substrat hinein, noch jüngere Stadien bemerkt man tief im Innern des Hyphengeflechts, allseitig von demselben umschlossen (Taf. XXVII Fig. 9). Hieraus erhellt bereits, dass die erste Anlage eines Adventivzweiges endogen ist, im Innern des Gewebes vor sich geht und erst mit Durchbrechung der bedeckenden Schichten an die Oberfläche gelangt. Um den Einzelheiten der Entwicklung zu folgen ist es aber zweckmässiger, nach einer macerirenden Einwirkung von concentrirter

Salzsäure das Gewebe des Rhizoms — sowohl dicke Längsschnitte als auch den dünnen Rand des Rhizoms unzerschnitten — unter dem Präparirmikroscop mit feinen Nadeln zu zerzupfen. Bei diesem Verfahren gelingt es, die einzelnen jungen Zweig-Anlagen, welche durch das dichte Plasma ihrer Zellen sich leicht kenntlich machen, von dem sie umgebenden Hyphengeflecht zu isoliren.

Wie bereits oben hervorgehoben wurde, besteht das Rhizom ausschliesslich aus Hyphen, welche im Innern wirr durcheinander, gegen die Oberfläche zu aber ziemlich parallel verlaufen, indem sie sich senkrecht gegen dieselbe wenden. Hier verkürzen sich auch die Gliederzellen indem sie sich häufiger quer theilen, und kommt auf diese Weise zuletzt unter der Oberfläche eine Art von pseudoparenchymatischer Rinde zu Stande, ganz wie wir sie bei den Pilzen und vielen Lichenen finden.

Unterhalb des parallelen, gegen die Oberfläche gerichteten Verlaufs der Hyphen pflegen die Adventiväste ihren Ursprung zu nehmen, und zwar entsteht eine junge Anlage aus einem einzelnen, mit der Oberfläche der Scheibe ungefähr parallel laufenden Hyphenaste. Die Bildung geht in der Weise vor sich, dass ein Hyphenast sich an einer Stelle, wohl meistens in der Nähe seiner Spitze, doch auch oft weiter rückwärts mehrfach theilt in 3 bis 6 kurze Zellen, die sich mit dichtem Protoplasma anfüllen (Taf. XXVII, Fig. 11—16). Dann strecken sich diese Zellen in der Richtung der Wachsthumsaxe des künftigen Adventivzweiges und theilen sich quer zu dieser Richtung. Die obere so entstandene Zellenreihe enthält nunmehr die Mutterzellen der jungen Anlage, durch eine Theilung mit Wänden parallel dem Verlauf der Mutterhyphe wird diese Mutterzellreihe zur Fortbildungsschicht, zum Anfang des Bildungspunktes des neugeborenen Adventivastes, der sich durch ähnliche Theilungen bald verbreitert. Die Zellen der Fortbildungsschicht strecken sich nun in Richtung ihrer Wachsthumsaxe und machen durch Quertheilung (Tangentialtheilung) den Anfang mit der Bildung von Zellreihen, während sie durch Längstheilung (Radialtheilung) ihre Oberfläche vergrössern. Von Oben betrachtet erscheint eine solche Anlage nunmehr kreisrund (Taf. XXVII Fig. 10), während die seitliche (Profil-) Ansicht zeigt, dass das Wachsthum in unmittelbarer Nähe der Axe am intensivsten, dass also die junge Anlage eine halbkuglige Gestalt annimmt. Unterdessen hat die als Matrix dienende untere aus der Hyphe entstandene Schicht, um der Ausdehnung der Schwesterschicht folgen zu können ihre Zellen

ebenfalls durch Theilung vermehrt, was aber wichtiger und charakteristischer ist, die einzelnen Zellen wachsen zu Hyphen aus, die sich alsbald verzweigen und mit den Hyphen des Muttergewebes auf das Innigste verflechten. — Inzwischen sondert sich im Scheitel der jungen Anlage eine Gruppe von Zellen als eigentlicher Bildungspunkt, als typische Fortbildungsgruppe, dadurch aus, dass sie sich mit dichterem Plasma füllen und viel intensiver theilen, als die herumliegenden, nunmehr als junge Epidermis zu bezeichnenden Zellen. Die Betrachtung von oben zeigt, dass die Wände der Zellen des Bildungspunktes zart sind, die Protoplasmakörper dichter an einander grenzen als bei den peripherischen, durch stark gequollene Gallertwände getrennten Zellen (Taf. XXVII Fig. 10). Eine Scheitelzelle ist aber nie vorhanden.

Die Fortentwicklung der Zweig-Anlagen ist auf Längsschnitten zu beobachten. Man sieht auch hier die Spitze der jungen Anlage sich halbkuglig wölben, die höchste Stelle der Wölbung eingenommen von der Fortbildungsgruppe, welche sich weit intensiver theilt, als die benachbarten Zelllagen und durch radiale Theilung Epidermis bildet, durch tangentiale Theilung die Reihen des inneren Parenchyms einleitet, dessen Zellen alsbald seitlich ausweichen um zwischen sich der Bildung von intercellularem Schleim Raum zu gewähren. Die Epidermiszellen theilen sich in der gewöhnlichen Weise, wodurch auch die Rinde ihren Anfang nimmt. So strebt die junge Anlage durch fortgesetzte Neubildung von Zellen dem Lichte zu, indem vor ihrem Scheitel das Gewebe des Rhizoms in ganz ähnlicher Weise sich auflöst, wie die parenchymatische Rinde einer Mutterwurzel vor der Spitze einer jungen Seitenwurzel (Taf. XXVII Fig. 9). — Der Scheitel des jungen Fucus-Triebes rückt übrigens nicht bloss durch sein Spitzenwachsthum vor, sondern noch weit mehr durch die bedeutende Längsstreckung seiner basalen Zellen, sogar auch seiner basalen Hyphen. Er wird dadurch förmlich durch das Rhizomgewebe hindurch an dessen Oberfläche hinausgeschoben, und wenn er schliesslich nach dem Durchbruch sich im Freien weiter entwickelt, ist sein basales Gewebe dem des Rhizoms sehr ähnlich geworden, hebt sich aber doch noch von demselben ab, besonders die Hyphenfäden, gleichsam eine Wurzel darstellend, mittelst deren der junge Adventivzweig in seinem Muttergewebe haftet.

Während noch die junge Anlage im Muttergewebe eingeschlossen, geht der anfangs convexe Bildungspunkt in einen kessel-

förmig vertieften über, indem die der Wachsthumsaxe ferner liegenden Parthien der halbkugligen Vegetationsspitze in ähnlicher Weise durch schnelleres Wachsthum den eigentlichen Bildungspunkt überflügeln, wie die jungen Blätter die Stengelspitze bei den Phanerogamen; so erscheint also schon hier der Bildungspunkt tief eingesenkt, aber nicht in einen transversalen Spalt, sondern er liegt am Grunde eines mit Schleim erfüllten, cyklischen Trichters. Denn nicht nur auf dieser Entwicklungsstufe, sondern auch noch später, ist der junge Adventivzweig im Querschnitte kreisrund.

Die in grösster Menge beisammen stehenden Adventiväste des Rhizoms sind meistens Kümmerlinge, die auf verschiedenen Stufen der Ausbildung stehen bleiben. Nur einzelne, selten eine grössere Zahl sieht man, nachdem sie anfangs cyklisch gewachsen, an ihrem oberen Theile in einen Laubkörper mit Mittelrippe sich verbreitern, wobei die trichterförmige Vertiefung des Bildungspunktes in den Spalt übergeht; noch seltener sah ich Dichotomirungen, dagegen habe ich einige Male beobachtet, dass ganz einfache Adventiväste an der Spitze sich in Blüthen metamorphosirten. Mit dieser geringen Wachsthums-Energie, welche diese Triebe besitzen, steht auch wohl die Beobachtung im Zusammenhang, dass alle bereits an der Oberfläche hervorgetretene Adventivzweige, die ich darauf hin untersuchte, an dem trichterförmigen Grunde ihres Bildungspunktes Sprossfäden, und zwar aus den Fortbildungszellen, entwickelten, wodurch sich derselbe zu einem Fasergrübchen umwandelt. In den Fällen, wo die Triebe sich dann doch weiter entwickeln, vertrocknen und schwinden diese Sprossfäden.

Weniger leicht ist die Entwicklnng von adventiven Trieben am eigentlichen Thallus zu beobachten, doch habe ich auch hier auf Längsschnitten constatiren können, dass sie aus Hyphen ihren Ursprung nehmen und, endogen entstanden, erst später die Rinde durchbrechen. Es entspringen am älteren Thallus, wie bereits früher hervorgehoben wurde, die Adventivzweige besonders zahlreich an verletzten Stellen der Mittelrippe und in der Nähe derselben. Hier bildet sich dann erst ein die Wunde verschliessender Callus, indem die Hyphen sich dicht mit den Parenchymzellen verflechten und sich vielfach theilen. In diesem Callus und den angrenzenden Zellparthien findet nun zunächst besonders in den Parenchymzellen eine massenhafte Ablagerung von Reservesubstanz in Gestalt grosser Oeltropfen statt, die sich durch die braunschwarze Osmiumfärbung und ihre Löslichkeit in Aether als solche leicht nachweisen lassen.

Es würde nun im Entwicklungsgange von Fucus noch ein wesentliches Glied der Beobachtung bedürfen, nämlich der Aufbau des Thallus aus der befruchteten Eizelle, und zu dieser Beobachtung gebrach es mir an Material und Gelegenheit. Allein diese Lücke wird so ziemlich ausgefüllt durch die Abbildungen der Keimentwicklung, welche Thuret[1]) auf Taf. 14 seiner bekannten, klassischen Arbeit über die Befruchtung der Fucaceen geliefert hat, und wo die Beobachtung bis zu dem Stadium fortgeführt ist, welches den kleinen, an der Oberfläche des Rhizoms stehenden Adventivästen gleich ist, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte.

Nach diesen Abbildungen Thurets steht die erste Wand, welche die kuglige Eizelle in zwei halbkuglige Theilzellen zerlegt, transversal zur Wachsthumsaxe; die untere Zelle wächst sogleich in eine Hyphe aus, die sich dann durch eine Querwand abgliedert. Während aus den beiden primären Segmentzellen der Eikugel sich durch auf einander senkrechte Theilungen der Keimling aufbaut, so entstehen an der Basis immer mehr Hyphen, die sich verzweigen und aus denen offenbar das Rhizom entsteht. Anfangs entwickelt sich auch hier das Thallom cyklisch, so dass der unterste Theil des Stiels also nicht durch Corrosion eines Laubrandes entsteht; der Scheitel ist auch hier trichterförmig vertieft und entwickelt wenigstens an den von Thuret abgebildeten Individuen Sprossfäden.

---

2. Fucus serratus.

Hinsichtlich dieser, dem Fucus vesiculosus sehr nahestehenden, aber gut und constant davon unterschiedenen Species[2]) brauche ich die Geduld des Lesers nicht zu erschöpfen. Sie wurde in allen ihren Theilen mit derselben Sorgfalt studirt, wie F. vesiculosus, ohne dass sich morphologisch irgendwie bemerkenswerthe Abweichungen ergeben hätten, so dass ich auf eine detaillirte Darstellung Verzicht leisten kann. Adventive Verzweigung habe ich an F. serratus nicht wahrgenommen.

1) Annales d. sc. nat. 1854 p. 197.

2) Die von mir benutzten Exemplare sammelte ich ebenfalls an Steinen im Prorer Wiek auf Rügen.

---

3. Fucus chondrophyllus.

Eine zweite Section der Gattung Fucus wird von einer Anzahl Species gebildet, die insofern einfachere Verhältnisse zeigen, als dem Thallus eine Gliederung in Stiel, Laubkörper und Mittelrippe fehlt, nur die Basis scheint auch hier allgemein aus einer runden Haftscheibe zu bestehen. Aus dieser Gruppe wurde der an der Küste Neuhollands heimische Fucus chondrophyllus näher untersucht.

F. chondrophyllus besitzt einen flach zusammengedrückten, in zierlichster Regelmässigkeit dichotomirenden Thallus mit linealen Zweigen, die nach oben immer schmaler werden, nach unten sich immer mehr verbreitern und verdicken. Die obersten Zweigenden grosser Exemplare pflegen sich zuzuspitzen und auf beiden Seiten mit einer Menge von pustelförmigen Anschwellungen bedeckt zu sein, die sich durch mehre Gabelungen hindurch fortsetzen, auf den älteren, basalen Theilen aber fehlen. Ausserdem finden sich reguläre Zweige, die in der Entwicklung etwas zurückblieben, und diese sind am Ende nicht zugespitzt, sondern abgestumpft, auch entbehren sie der Pusteln. Dieselbe Beschaffenheit zeigen die oft in reichlicher Menge, besonders an verwundeten Stellen entspringenden und vielfach verzweigten Adventiväste, die auch hier endogenen Ursprungs sind. Bemerkenswerth ist noch, dass die älteren, basalen Theile des Thallus nicht selten von grossen Löchern durchbohrt erscheinen, die, wenn sie zu mehren neben einander stehen, eine gitterförmige Durchbrechung bilden. Die Entstehung dieser Löcher habe ich nicht verfolgt, doch ist zu vermuthen, dass sie durch Zerreissung infolge der bei den Fucaceen sehr intensiven Gewebespannung entstehen; doch sind die inneren Ränder dieser Löcher ganz mit derselben Rinde ausgekleidet wie die Oberfläche des Thallus, so dass sie in diesem Stadium sich nicht mehr als ehemalige Wundstellen nachweisen lassen.

Der Bildungspunkt liegt auch hier am Grunde einer transversalen Spalte; soweit sich an dem disponiblen Material erkennen liess, stimmt er mit dem von F. vesiculosus überein.

Der Querschnitt eines jungen Zweiges entspricht einer mit Epidermis und Rinde überzogenen Mittelrippe von F. vesiculosus. Die Epidermiszellen sind radial sehr gestreckt und theilen sich radial und tangential; durch letztere Theilung erzeugen sie die aus ziemlich isodiametrischen Zellen bestehende primäre Rinde.

Der mittlere Gewebekörper des Thallus besteht aus einem der Wachsthumsaxe parallel gestreckten, in der Fortbildungsgruppe des Vegetationspunktes erzeugten Zellenbündel.

Die älteren Theile verdicken sich auch bei dieser Art durch secundäre Wachsthumsprocesse, die denen von F. vesiculosus entsprechen. Zwischen dem axilen Innenkörper und der eigentlichen, von der Epidermis erzeugten Rinde liegen Zellen, die ihrer Gestalt nach sich der primären Rinde anschliessen, aber bereits aus dem Bildungspunkt hervorgingen, und die auch hier als Verdickungsgewebe fungiren. Aus den Ecken dieser Zellen wachsen Hyphen hervor, die schräg nach unten zwischen die Parenchymreihen eindringen, und hier schliesslich eben solches Gewebe zu Stande bringen, wie in den Stielen von F. vesiculosus.

Die Epidermis behält auch an alten Basalstücken ihre Theilungsfähigkeit, besonders durch tangentiale Wände. Auf diese Weise entsteht eine sehr mächtige, aus geraden radialen Zellreihen bestehende secundäre Rinde, deren Grenze gegen die primäre Rinde nicht scharf abgesetzt ist. Uebrigens schiebt sich das Hyphengeflecht auch noch zwischen die innersten Rindenzellen ein.

Was die oben erwähnten Pusteln anbetrifft, die sich nur an den ausgebildeteren Zweigsystemen befinden, so sind dieselben den Fasergrübchen der anderen Fucus-Arten gleichwerthig, ihrer Entstehung nach könnte man sie aber auch den Luftblasen des F. vesiculosus vergleichen. Sie bilden sich nämlich nicht wie die Fasergrübchen dieser letzteren Art, also dadurch, dass mittelst Auseinanderweichen von Zellen ein Intercellulargang von der Oberfläche in das Innere des Laubgewebes eindringt, um sich hier zu erweitern, sondern umgekehrt dadurch, dass zwischen dem der Rippe von F. vesiculosus entsprechenden Innenkörper und der Verdickungsschicht sich zunächst ein schleimerfüllter Hohlraum bildet, von dem aus durch allmähliges Auseinandertreten erst der Rinden, dann der Epidermiszellen von innen nach aussen ein Canal entsteht, der mit sehr schmaler Oeffnung am höchsten Theil der Pustel die Oberfläche erreicht. Aus den die Wand dieser immer Schleim enthaltenden Höhlung bildenden Zellen wachsen einfache aus Zellreihen bestehende Haare, („Sprossfäden") hervor.

Leider standen mir nur sterile Exemplare von F. chondrophyllus zur Verfügung, doch steht es ausser Zweifel, dass diese Pusteln sich zu Conceptakeln metamorphosiren, was schon aus der Zeichnung von Kützing (Tab. phycol. 10. Taf. 17, Fig. 1b) hervorgeht, wo

der Durchschnitt einer solchen Pustel zahlreiche den Wänden entspringende Antheridien-Büschel zeigt.

Carpoglossum constrictum.

Die von mir untersuchten Herbarienexemplare dieses an der Südspitze von Africa heimischen Tanges gaben über die Beschaffenheit des Rhizoms keinen Aufschluss und waren steril. Da aber Kützing[1]) ein fertiles Exemplar zeichnet, so waren doch die morphologischen Verhältnisse mit hinreichender Klarheit zu erkennen.

Der Thallus von Carpoglossum constrictum gliedert sich in lauter flache am ganzen Thallus in einer Ebene zusammengedrückte Abschnitte, die durch Einschnürungen von einander getrennt sind. Diese Zusammenschnürungen sind von wechselnder Tiefe, bald lassen sie nur ein ganz schmales Stück übrig, so dass dann die laubartig verbreiterten Glieder durch kurze, stielrunde Thallusstücke getrennt erscheinen, in andern Fällen wiederum ist die Einschnürung eine kaum merkliche, und diese beiden Extreme werden durch die denkbaren Uebergänge vermittelt.

Die Verzweigung ist am ganzen Thallus eine regulär seitliche; die Zweige stehen in zwei alternirenden Orthostichen derart am Thallus vertheilt, dass immer ein Zweig sich dicht unterhalb einer Strictur ansetzt. Da nun die laubartigen Verbreiterungen unterhalb einer jeden Zweig-Basis einen zahnartigen Fortsatz treiben, und man offenbar in der regelmässigen Gliederung in Verbreitungen und Stricturen den ersten Schritt zur Differenzirung in Blatt und Stengel wahrnimmt, so scheinen die Zweige ganz regelmässig in den Axeln von Blattrudimenten zu stehen. Einige dieser Zweige wachsen zu Wiederholungen des primären Sprosses aus; die grosse Mehrzahl der Zweige bleiben aber kleine, kümmerliche Kurztriebe mit herzförmig ausgerandetem Scheitel. Die Abbildung bei Kützing ergiebt, dass diese Kurztriebe an fertilen Exemplaren sich zu Blüthen metamorphosiren. — Mitunter finden sich auch 2 Kurztriebe in einer Axel. Wie entstehen nun die Blattanfänge und deren Axelsprosse am fortwachsenden Scheitel?

Der Bildungspunkt findet sich am Grunde einer tiefen Ausrandung auch hier einer horizontalen (d. h. der Compressionsebene

1) Tab. phyc. 10. Taf. 19.

des Thallusparallelen) Spalte eingesenkt. Durch die Ausrandung erscheint die Thallusspitze herzförmig, in zwei auf derselben Höhe stehende, also opponirte, Zipfel getheilt. Diese Zipfel rücken durch abwechselnd ungleichseitiges Wachsthum des Thallus auseinander und stellen im ausgewachsenen Zustande die alternirenden Blatt-Anfänge dar.

Es kommt dieser eigenthümliche Wachsthumsprocess durch eine Dichotomirung des Bildungspunktes zu Stande, welche der bei Fucus beobachteten vollständig entspricht. Der in Richtung der Spalte längsgedehnte Bildungspunkt theilt sich durch eine auf der Spalte senkrechte Ebene und zwar dadurch, dass der mittlere Theil desselben zu einem nicht weiter fortbildungsfähigen Höcker auswächst. Hierdurch sind zwei Bildungspunkte entstanden, deren einer stark wachsend den Thallus fortsetzt, während der andere, von schwächerer Entwicklung, zur Seite gedrängt wird. Zum terminalen Bildungspunkt tritt der die Dichotomirung vollzogen habende Höcker hinzu, indem er den durch die Verzweigung verloren gegangenen „Blattzipfel" ersetzt. Bei der nächsten Verzweigung wird der entgegengesetzte Bildungspunkt zur Seite gedrängt, und so fort, so dass einmal der linke, dann der rechte, dann der linke u. s. w. Gabelast die Wachsthumsrichtung des Thallus inne hält, während der andere eine seitliche Stellung erhält. Ebenso wird immer abwechselnd der links und rechts stehende Zipfel der Thallusspitze zum „Blattanfang", aus dessen Axel der Seitenzweig entspringt. Auch wird der Act der Gabelung immer durch einen sich neu bildenden, und zwar genau terminalen, in die Richtung der Wachsthumsaxe fallenden „Blattanfang" vollzogen, ein Umstand, der vielleicht manchen veranlassen wird, gegen den Vergleich der betreffenden Gebilde mit ächten Blättern zu protestiren. Ich bin der Ansicht, dass bei diesen Gewächsen, wo sich die Differenzirung in Blatt und Stengel überhaupt erst anbahnt, wir es auch noch hingehen lassen können, wenn einmal ein Blattanfang terminal entsteht. Ich würde freilich auch der Deutung keine besondere Opposition entgegensetzen, dass, weil die seitlichen, zahnartigen Vorsprünge der Verbreitungen des Thallus terminal entstehen, sie keine Blätter sein könnten, und daher der ganze Zusammenhang zwischen den verschiedenen Thallus-Abschnitten und den Seitenzweigen nur eine entfernte äusserliche Aehnlichkeit mit Stengel-, Blatt- und Axelknospenbildung höherer Pflanzen, aber keine Homologie, darbiete.

Nachdem durch Theilung der Spitze ein Seitenast erzeugt, ist der ursprüngliche Bildungspunkt um die Hälfte verkleinert, besonders seine einseitige Quer-Ausdehnung vermindert. Das in dieser Region von demselben erzeugte Zellgewebe ist daher im Querschnitt nahezu cyklisch gerundet (die Strictur), erst allmählig dehnt sich die Spalte des Vegetationspunktes wieder aus, welchem Umstande die Erzeugung eines verbreiteten Thallusgliedes entspricht. Nach der nächsten Theilung des Bildungspunktes folgt dann wieder eine Strictur, die allmählig in eine Verbreitung übergeht.

Was ist nun inzwischen aus dem zweiten, zur Seite gedrängten Bildungspunkte geworden? Derselbe geräth durch das Wachsthum seines Nachbars sehr schnell in eine zu dem mehrerwähnten Blatt-Höcker axillare Stellung. Auch er ist in eine Spalte eingesenkt und beginnt sehr bald ein selbständiges Wachsthum. Hierbei wächst er aber nicht in der Weise fort, wie z. B. der Bildungspunkt von Fucus vesiculosus oder auch des geradeaus wachsenden Haupttriebes, wo die lippenförmigen Ränder der Spalte mit fortrücken, sondern nur das am Grunde der Spalte befindliche Meristem entwickelt sich zu einem Triebe, der aus dem Spalt wie aus einem Kelche herauswächst; noch an alten Zweigen lassen sich die Ränder dieses ehemaligen Spaltes als Wülste um die Basis des Zweiges erkennen. Die meisten Zweige sind, wie ja bereits hervorgehoben wurde, Kurztriebe; an der Basis fast stielrund, verbreiten sie sich bald und schliessen mit einer herzförmigen Ausrandung (zwei opponirten Blattansätzen). Wenn dagegen ein solcher Zweig den Haupttrieb wiederholt, so bildet der aus dem primären Spalt hervorgewachsene Trieb durch zweiseitige Umwallung seines Bildungspunktes einen neuen Spalt.

Was den histologischen Aufbau von Carpoglossum constrictum anbetrifft, so liess sich die Beschaffenheit des Gipfelmeristems nicht mehr ermitteln. Die älteren Theile zeigen noch die meiste Uebereinstimmung mit Fucus chondrophyllus, indem sie eine Epidermis, eine Rinde die aus ersterer hervorgeht und an älteren Theilen sehr stark ist, ein von der Rinde kaum unterscheidbares Verdickungsgewebe und einen parenchymatischen Innenkörper unterscheiden lassen. Es fehlt das lockere Füllgewebe des Laubrandes von Fucus vesiculosus. Die Parenchymzellen des Innenkörpers sind in der Richtung der Längsaxe gestreckt und schliessen im Querschnitt ziemlich dicht zusammen. Bemerkenswerth ist, dass in den Stricturen zuerst Hyphenbildung auftritt, erst viel später auch in den Ver-

breitungen, und hier immer nur sehr sparsam. Ueberhaupt ist das nachträgliche Dickenwachsthum durch Einschieben von Hyphen, die hier immer nur längs verlaufen, zwischen das Parenchym des Innenkörpers, bei dieser Pflanze unerheblich.

Fasergrübchen oder ihnen entsprechende Bildungen fehlen den sterilen Individuen ganz; hinsichtlich der Blüthen kann ich nur auf Kützing mich stützen, welcher Fucus-ähnliche Conceptacula mit sterilen Sprossfäden und Oogonien und Antheridien dazwischen abbildet.

Ozothallia nodosa.

Ozothallia schliesst sich in ihrem morphologischen Verhalten an Carpoglossum an, beide Gattungen dürften generisch kaum zu trennen sein. Da Carpoglossum den Schlüssel zum Verständniss von Ozothallia darbietet, so wurde es in unserer Betrachtung vorangestellt. Ich untersuchte Exemplare aus der Nordsee, von der Nordamericanischen Küste und von Spitzbergen.

Die äussere Gliederung ist so vortrefflich von Harvey[1]) abgebildet und beschrieben worden, dass ich den wesentlichen Inhalt seiner Beschreibung hier reproduciren kann.

Das Rhizom eine harte, conische Scheibe von 1 bis 2 Zoll Durchmesser. Thallus 2 bis 6 Fuss lang, ¼ bis ½ Zoll und darüber breit, zusammengedrückt, zweieckig, linealisch, ein- oder zweimal gegabelt in beträchtlichen Abständen, am Rande entfernt gezähnt. Aus den Axeln der Zähne entspringen seitlich zweizeilige Aeste ähnlich dem Hauptthallus (Langtriebe) gezähnt und wieder ein- bis zweimal gefiedert mit ähnlichen kleineren Zweigen, die entweder wieder Langtriebe, oder Kurztriebe oder Blüthen sein können, oft entspringen mehre Blüthen einer Axel. Alle Zweige sind an der Basis verschmälert und am Ende mehr weniger zugespitzt. Eiförmige Luftblasen von 1 bis 2 Zoll Länge finden sich hier und da an den grösseren Zweigen.

Dazu habe ich hinzuzufügen, dass der erste Vergleich es bereits darthut, dass die „Zähne" am Rande des Thallus den „Blattanfängen" bei Carpoglossum homolog sind; an beiden Pflanzen entspringen die seitlichen Zweige den Axeln dieser Zähne. Eine genauere Betrachtung zeigt, dass auch bei Ozothallia die Basis der Seitenzweige von einem wulstartigen Rande umgeben ist, und auf

1) Phycol. brit. II. Taf. 158.

dem Längsschnitt erkennt man, dass die Zweige einer scheidenartigen Vertiefung entspringen. Diese Vertiefungen der Grübchen sind bereits von Magnus[1]) erwähnt, seine Angaben lauten: „Bei Ozothallia vulgaris verzweigen sich die Hauptaxen durch Dichotomie resp. Polytomie (Letzteres bei Helgoland beobachtet) und liegen die Theilsprosse in der Ebene der zusammengedrückten Frons. Ausserdem trägt Ozothallia bekanntlich an den Kanten der Frons kleine, kurz bleibende Zweige. Diese werden seitlich weit unterhalb des fortwachsenden Scheitels in den an den Kanten befindlichen Grübchen durch gemeinschaftliches Auswachsen dortiger Rindenzellen (Wandungszellen der Grübchen) angelegt; aus einem Grübchen entspringen meistens drei und mehr solcher Kurzzweige. Selten entwickelt sich ein seitlicher Spross zu einer dem Hauptspross gleichwerthigen Axe." In dem Bericht der Pommerania-Expedition fügt der genannte Autor noch folgende Bemerkung hinzu: „Diese Randgrübchen finde ich noch nicht von einem Beobachter erwähnt. Sie entsprechen offenbar den Fasergrübchen der anderen Fucus-Arten und ist die Bildung der Kurztriebe in ihrem Grunde ganz analog den im Grunde der Fasergrübchen sich bildenden Sprossen bei den oben erwähnten Fucus-Arten. Aus diesen Randgrübchen entwickeln sich die marginalen, zahnförmigen Narben, welche an den älteren Stämmen von den abgefallenen Kurztrieben zurückbleiben und die J. G. Agardh bereits in seiner Beschreibung erwähnt."

Was die am Rande stehenden Zähne anlangt, so stimmen sie, wie bereits hervorgehoben, mit den „Blattanfängen" von Carpoglossum überein, nur dass die dort hervorgetretene Differenzirung bei Ozothallia weiter in's Rudimentäre zurücksinkt.

Verfolgen wir einen lebhaft vegetirenden Langtrieb bis zu seiner Spitze, so können wir die kurzen stumpfen Zähne und in ihren Axeln die Grübchen bis dicht unter dieselbe hinauf verfolgen; sie alterniren regelmässig, selten stehen sie einmal durch geringere Entwicklung eines Gliedes fast opponirt. Das Ende des Thallus ist abgestutzt und unterscheidet sich von Carpoglossum durch das Fehlen der herzförmigen Oehrchen, weshalb die Zähne bei Ozothallia so viel kleiner sind. Der Bildungspunkt ist einer sehr schmalen und tiefen, horizontalen Spalte eingesenkt.

---

1) Sitzungsber. d. nat. Fr. 16. Januar 1872 u. Botan. Untersuch. d. Pommerania-Exped. pag. 79.

Alle Verzweigungen [1]) werden durch Theilung des Bildungspunktes eingeleitet, welche in der bei Fucus vesiculosus beschriebenen Weise vor sich geht. In einzelnen Fällen halten dabei die beiden neu entstandenen Triebe die ursprüngliche Dichotomie fest und der Thallus zeigt dann an solchen Stellen regelrechte Gabelung. In der Regel setzt aber der eine durch Theilung gebildete Vegetationspunkt die ursprüngliche Wachsthumsrichtung des Triebes fort, der andere wird vollständig zur Seite gedrängt, und zwar immer abwechselnd der rechte und linke. Die am Rande stehenden Grübchen sind also auch hier durch Dichotomie entstandene Bildungspunkte, die unter ihnen stehenden Zähne sind die seitlich geschobenen stumpfen Ecken der ursprünglichen Thallusspitze. Auf Längsschnitten durch die grubenförmig vertieften Bildungspunkte, welche nahe der Thallusspitze noch keine Zweige gebildet haben, bemerkt man am Grunde der Grübchen einen kleinen Meristem-Höcker, der alsbald zu einem Lang- oder Kurztrieb auswächst. Wo neben einander 2 oder mehr Zweige einem Grübchen entspringen, entstehen dieselben durch Dichotomie oder Polytomie des Bildungspunktes, noch ehe derselbe aus seinem Grübchen hervorgewachsen; es können so neben einander Langtriebe, Kurztriebe und Blüthen aus einer Zahn-Axel hervorgehen. Die seitlichen Langtriebe wiederholen ganz und gar den Haupttrieb; die Kurztriebe sind unverzweigt, schmal, mit stumpfer Spitze. An fertilen Exemplaren metamorphosiren sie sich zu keulenförmig anschwellenden Blüthen, an denen die eingesenkten Conceptakeln sich bilden wie bei Fucus vesiculosus. Den Fasergrübchen entsprechende Bildungen fand ich am Thallus von Ozothallia nicht.

Die Gewebebildung stimmt mit derjenigen von Fucus chondrophyllus in allem Wesentlichen überein (vgl. den Längsschnitt auf Taf. XXV Fig. 1); der Innenkörper von Ozothallia ist aber dadurch ausgezeichnet, dass in der verschleimten Intercellularmasse sich ein Netzwerk äusserst feiner, nicht verschleimter Cellulose-Stangen findet, dessen Maschen der Grösse der Zellen entsprechen und um sie herum laufen. Am meisten Aehnlichkeit hat diese Bildung mit den Cellulose-Leisten im Laub von Pellia und der Wurzel vieler Coniferen.

Die Luftblasen bilden sich als Hohlräume in der Mitte des Innenkörpers.

---

1) Abgesehen von etwaigen Adventivzweigen aus dem Rhizom.

Die Zellen-Entstehung im Bildungspunkt stimmt nach Kny (l. c.) mit der von Fucus überein, das mir zu Gebot stehende Material erwies sich für genauere Untersuchung als ungeeignet.

Pycnophycus sisymbrioides.

Die interessante Gattung Pycnophycus ist dadurch ausgezeichnet, dass das Rhizom einen wurzelartigen, verzweigten Körper mit stielrunden Aesten darstellt. Ich hatte nur getrocknetes Material des am Cap heimischen P. sisymbrioides zur Verfügung, welches über die Verzweigung und Structurverhältnisse Aufschluss gab, das Meristem des Bildungspunktes aber nicht mehr erkennen liess.

Aus dem flach ausgebreiteten, dichotomisch verzweigten Rhizom von Pycnophycus sisymbrioides erheben sich eine Anzahl von Thalluszweigen. Ein centraler Zweig lässt sich als der Hauptthallus nachweisen, die übrigen sind dadurch entstanden, dass einzelne Rhizomäste zu Thalluszweigen auswuchsen. Die jüngeren dieser primären Thallusstämme sind ganz einfach, mehr weniger stielrund, der Bildungspunkt ist einer quer über die abgestumpfte Spitze verlaufenden Spalte eingesenkt. Die älteren tragen alternirende, seitliche Zweige, die wiederholt, immer in derselben Ebene, wieder Seitenzweige hervorbringen, so dass ein zwei- bis dreifach gefiederter Habitus zu Stande kommt; die Zweige letzter Ordnung bleiben kleiner und verästeln sich nicht mehr; ein eigentlicher Gegensatz von Lang- und Kurztrieben ist nicht vorhanden.

Die seitliche Stellung der Zweige kommt ganz wie bei Ozothallia dadurch zu Stande, dass der Bildungspunkt dichotomirt und abwechselnd der rechte oder linke Theil-Bildungspunkt den Hauptstamm fortsetzt, während der andere zur Seite gedrängt wird. Hierbei gleichen die Ränder der Spalte sich alsbald aus, so dass die Zweige keinen Grübchen mehr entspringen, auch ist unterhalb des Zweiges kein zahnartiger Fortsatz mehr vorhanden, wie bei Ozothallia, so dass hier also jede Spur einer Blattbildung fehlt.

Der ungemein einfachen Gliederung entspricht der denkbar einfachste histologische Bau. Da der Thallus sich der Basis zu nicht verdickt, so finden wir in der ganzen Pflanze auch keine Spur von Hyphenbildung. Die ganze Pflanze besteht aus parenchymatisch zusammenhängenden Zellen, und sind die Aeste des Rhizoms ebenso gebaut wie die des Thallus. Auf dem Querschnitt können wir eine aus schmalen, radial gestreckten Zellen bestehende Epidermis unterscheiden, die einige wenige, als Anfänge einer Rinde

anzusehende Zellen tangential abscheidet. Darauf folgt der Innenkörper, dessen peripherischer Theil aus weiten, zartwandigen Parenchymzellen besteht, während der axile Theil aus länger gestreckten, prosenchymatischen Zellen gebildet wird, die im Querschnitt eine collenchymartige Quellung ihrer Wände zeigen.

Am Rhizom entwickeln sich durch Auswachsen von Epidermiszellen hier und da Büschel von Wurzelhaaren. Die Verzweigung ist auch hier eine ganz ähnliche wie im Stamm, doch schien mir die Fortbildungsschicht keiner Spalte eingesenkt zu sein.

Andere Species dieser Gattung, wie P. tuberculatus und levigatus, behalten nach den Abbildungen von Kützing und Harvey im erwachsenen Thallus den Habitus der Gabelung.

Es würde interessant sein, Keimpflanzen dieser Gattung zu beobachten, da sich annehmen lässt, dass die befruchtete Eizelle nach zwei Seiten hin dichotomirende Bildungspunkte entwickelt, während an der Keimpflanze von Fucus ja nur ein solcher vorhanden ist und das Rhizom aus Hyphen entsteht.

Halidrys siliquosa.

Der Thallus haftet mit dickem, conischem Rhizom an Steinen oder Holz unter dem Wasser und verzweigt sich in reichster Weise mit seitlichen, zweizeiligen Aesten. Der eigentliche Stamm ist unten ziemlich dick und leicht zusammengedrückt, verjüngt sich aber schnell nach oben und in seinen zweizeiligen Seitenästen. Die Aeste letzter Ordnung tragen seitlich zweizeilige Kurztriebe von eigenthümlicher, schotenförmiger Gestalt, von denen der Speciesname dieses Tanges abgeleitet, und welche entweder steril sind und dann im Innern lufterfüllte Hohlräume bergen oder zu Blüthen sich umbilden. Diese Kurztriebe können später abfallen; oft gelangen sie aber auch gar nicht zu voller Entwicklung, sondern an ihrer Stelle finden sich kleine, indifferente Spitzchen.

Ein besonderes Interesse erheischt das Spitzenwachsthum dieses Tanges, weil es von dem bei Fucus geschilderten vollständig verschieden ist.

Die Verzweigung findet auch hier, wie bereits hervorgehoben, immer in einer Ebene statt, die Seitenäste beziehungsweise Kurztriebe werden zuerst kenntlich als kleine, seitliche Höcker. Betrachtet man eine Thallusspitze von oben, so zeigt sich dieselbe zuzammengesetzt aus den beiden jüngsten Seitenzweigen, welche durch eine transversale, d. h. zur Verzweigungsebene

senkrechte Querspalte von einander getrennt sind, während die Spalte bei Fucus etc. horizontal, d. h. in der Verzweigungsebene verlief. Successive Querschnitte ergeben, dass diese Spalte bei Halidrys sich von beiden Seiten her trichterförmig bis auf einen ganz schmalen Porus verengt, der auf den eigentlichen Bildungspunkt mündet; und dieser Bildungspunkt besteht aus einer dreiseitig-pyramidalen Scheitelzelle nebst ihren Segmenten, wie man sowohl auf einem weiteren Querschnitt, als auch auf horizontalen und transversalen Längsschnitten erfährt. (Vgl. Fig. 8 auf Taf. XXVI, desgl. Fig. 7, die einen Querschnitt des mit Halidrys ganz übereinstimmenden Bildungspunktes von Halerica darstellt.) Diese Scheitelzelle verhält sich ganz wie eine gleich gestaltete Scheitelzelle in der Vegetationsspitze der Farrne. Sie erzeugt nach rückwärts Segmente durch Theilung parallel ihren drei geneigten Wänden; die Theilungsvorgänge bieten so wenig specifisches dar, dass einfach auf die Abbildung des Längsschnittes, verwiesen sein mag. Die Segmente theilen sich sowohl quer, als längs; die der nach rückwärts gekehrten Spitze der Scheitelzelle nächst gelegenen Theilzellen der Segmente werden dann durch Quertheilung in Richtung der Wachsthumsaxe zu den Initialen der Parenchymreihen des Innenkörpers, während aus den äusseren sich die Rinde, aus den äussersten sich die unbegrenzt theilungsfähige Epidermis entwickelt.

In dem primären, rein parenchymatischen Gewebe, welches den jungen Thallus ausmacht, können wir einen Innenkörper unterscheiden, dessen Zellen langgestreckt sind, eine innere Rinde mit ziemlich isodiametrischen und gerundeten Zellen und eine äussere Rinde, die sich sehr bald durch Quertheilung der Epidermiszellen aus diesen entwickelt. Während in der Spitze selbst alle Zellen von Chlorophyll erfüllt sind, so beschränkt sich das Vorkommen desselben in den ferneren Entwicklungsstadien so ziemlich auf die äussere (secundäre) Rinde.

Auch im Innenkörper können wir noch zwei Theile unterscheiden: einen axilen mit weniger und einen peripherischen mit stark aufgequollenen Zellwänden. Dieser peripherische Theil des Innenkörpers ist als Verdickungsgewebe zu bezeichnen, denn zwischen seinen Zellen entwickelt sich im Stadium des secundären Dickenwachsthums ein reiches Hyphengeflecht, das aber auch theilweise zwischen die Zellen des axilen Theils und die der inneren Rinde eindringt.

Unverhältnissmässig stark verdickt ist das Rhizom, dessen unterer Theil wenigstens ausschliesslich aus Hyphen besteht, die unter der Oberfläche einen parallelen Verlauf annehmen und in pseudoparenchymatischer Weise mit einander in Verbindung treten.

Die Kurztriebe besitzen die Structur des jungen Thallus. Die zu Luftbehältern metamorphosirten entwickeln ihre intercellularen Lufträume im Gewebe des Innenkörpers, welches in den einzelnen, durch Parenchymplatten getrennten Luftkammern oft noch als Mittelbalken erhalten bleibt. In den Blüthen entwickeln sich die Conceptakeln ganz wie bei Fucus als von aussen einbohrende Intercellularräume, die aber hier sich so sehr vergrössern, dass sie schliesslich fast alles Parenchym zwischen sich verdrängen. Die Entwicklung der Geschlechtszellen bietet keine Besonderheiten dar.

Cystosira barbata.

Cystosira und die nächstverwandten Gattungen sind ausgezeichnet durch einen verkürzten, aus massigem Parenchym bestehenden Hauptstamm. Bei Cystosira barbata ist derselbe mittelst eines scheibenförmigen Rhizoms befestigt, cylindrisch, an der Basis etwas dünner als am oberen Theil, dabei von hell-lehmgelber Farbe, in Alcohol ergrünend. An Länge den Hauptstamm um sein Vielfaches übertreffende, verzweigte Aeste stehen seitlich in schraubiger Folge mit nicht genau bestimmbarer Divergenz. Der Scheitel ist breit, stumpf abgerundet mit einem kleinen, dreiseitigen, sich trichterförmig nach Unten verengenden Canal, aus dem ein Tropfen dichten Schleims hervortritt. Dieser Canal führt auf den Bildungspunkt, der hier wie bei Halidrys aus einer dreiseitig-pyramidalen Scheitelzelle besteht, welche sich ganz der dort gegebenen Darstellung gemäss verhält. Auch hier sondert sich das aus der Theilung der Scheitelzell-Segmente hervorgehende Gewebe in eine mit Schleim-Cuticula überzogene Epidermis und ein inneres Parenchym, dessen peripherischer Theil (Rinde) aus grösseren, dessen axiler Theil (Innenkörper) aus kleineren Zellen besteht, ohne scharfe Sonderung beider Systeme.

Secundäre Veränderungen kommen im Hauptstamm nur an der Basis vor, dicht über dem Rhizom, indem die innersten Zellen der Rinde und die peripherischen des Innenkörpers zu Hyphen auswachsen, die parallel den Parenchymreihen nach unten dringen und in das nur aus Hyphen bestehende Gewebe des Rhizoms ein-

münden. Dieses Hyphen-Gewebe des Rhizoms erhält dadurch eine besonders feste Consistenz, dass die axilen Hyphen, sich der Oberfläche zuwendend, die peripherischen Hyphen senkrecht durchsetzen, hier und da auch einen deutlich pseudoparenchymatischen Verband eingehen.

In welcher Weise die Verzweigung an der Stammspitze vor sich gehe, ist plastisch schwer vorstellbar. Man findet am Scheitel in der Regel neben dem (axilen) Hauptcanal noch einen damit convergirenden Seitencanal, der auf die Scheitelzelle einer jungen Zweiganlage mündet; doch gelang es mir nicht die erste Entstehung dieser, erst später als Protuberanz hervortretenden Zweig-Anlagen zu ermitteln.

Die sehr unregelmässig verzweigten Aeste bestehen ebenfalls nur aus Parenchym, doch sind Rinde und Innenkörper durch eine peripherische Schicht mit stark verdickten Wänden scharf von einander geschieden; der Scheitel entspricht dem des Stammes.

An der Oberfläche der Aeste stehen zahlreiche Warzen, nach allen Seiten vertheilt; jede dieser Warzen ist die etwas vorstehende Mündung eines Fasergrübchens; die als lange Büschel daraus hervorragenden Sprossfäden sind von rother Farbe.

In der Nähe der Spitzen, oft aber auch mehr nach rückwärts, sind einzelne Stücke der Aeste zu länglichen Luftbehältern aufgetrieben, deren Wände von der Rinde gebildet werden.

Bei fertilen Exemplaren findet man die leicht aufgetriebenen Zweigspitzen zu Blüthen metamorphosirt; an der Basis dieser Blüthen hat man Gelegenheit, alle Uebergänge zwischen den vegetativen Fasergrübchen und den tief eingesenkten Conceptakeln, die auch hier als von Aussen sich einstülpende Intercellularräume entstehen, zu beobachten.

Halerica ericoides.

Der Hauptstamm von Halerica ericoides ist nicht aufrecht und einfach, wie bei der soeben betrachteten Cystosira sondern kriechend und als solcher verzweigt; er verhält sich selbst wie ein kriechendes Rhizom von Gefässpflanzen, eine Haftscheibe oder ein anderes besonderes Haftorgan, habe ich an einer ganzen Anzahl lebend untersuchter Exemplare nicht auffinden können, doch finden sich davon in den systematischen Werken verschiedentliche Abbildungen.

Der flache, demjenigen von Cystosira ganz ähnliche Stammscheitel erzeugt durch einen dieser Pflanze analogen Auszweigungs

process eine Menge sehr schlanker, seitenständiger Triebe, die erst spät anfangen, sich weiter zu verzweigen. Diese Seitentriebe (und ebenso der Hauptstamm) besitzen an ihrer Spitze einen in dieselbe sich einbohrenden, trichterförmigen Canal, welcher dem bei Cystosira beschriebenen entspricht und an dessen Grund der Bildungspunkt, auch hier in Gestalt einer grossen, dreiseitig-pyramidalen Scheitelzelle sich nachweisen lässt; die mit der Camera lucida aufgenommene Segmentirung dieser Scheitelzelle ist in Fig. 7 auf Taf. XXVI mitgetheilt.

Die jungen, noch nicht verzweigten Langtriebe sind dicht mit kurzen, spitzigen Auswüchsen bedeckt; dieselben lassen sich nur mit den Stacheln höherer Pflanzen, z. B. denen der Rose, vergleichen. Auf keiner Entwicklungsstufe mit einer Scheitelzelle versehen, entstehen diese Stacheln fern vom Bildungspunkt, auf der abgestutzten Fläche der Zweigspitzen und an deren äusserer Böschung durch Theilung von Parenchymzellen unterhalb der Epidermis, also ganz wie die Rosenstacheln. Im ausgewachsenen Zustande zeigen sie innerhalb der Epidermis bloss ein gleichartiges Parenchym.

An den gipfelständigen Zweigen dieser Langtriebe stehen die Stacheln locker und werden viel länger. Hier könnte man geneigt sein, sie Blätter zu nennen, doch entstehen sie ganz auf die gleiche Weise wie jene, sind ebenso einfach gebaut und von ebenso beschränktem Wachsthum. Nicht selten theilen sie sich noch einmal gabelförmig. Ich werde deshalb auch für diese Gebilde des indifferenten Ausdrucks „Kurztriebe“ mich bedienen. Wir haben auch hier wieder einen Fall, wo es ganz der Willkühr anheimgegeben ist, nach welcher morphologischen Kategorie man ein Glied bezeichnen will. An den unteren Theilen der Aeste ist der Name „Stachel“ wegen der Form, der unregelmässigen, dichten Stellung, der Entstehung ausserhalb des Bildungspunktes der nächstliegende; und die längeren Gebilde der oberen Zweige würde man schon aus dem Grunde gerne „Blätter“ nennen, weil bei den zu Blüthen metamorphosirten Zweigspitzen je ein oder zwei Conceptakeln der rückenständigen Basis eines solchen Kurztriebes aufsitzen. So könnte man allerdings auch die Bezeichnung Niederblätter, Laubblätter, Blüthenblätter zur Anwendung bringen.

Fasergrübchen kommen nicht vor.

Die histologische Structur ist sehr einfach und entspricht ganz derjenigen von Cystosira. Hyphenbildung findet sich aber sehr

selten und habe ich sie nur einmal in einem alten Hauptstamm beobachtet.

Platylobium Mertensii.

Der ziemlich starke, stumpfkantige Stamm alter Individuen von Platylobium Mertensii aus Neuholland besitzt eine reiche, in einer Ebene liegende Verzweigung; die Hauptäste stehen seitlich in zwei alternirenden Zeilen. Am unteren Theil finden sich statt der Aeste kurze, stumpfe, dornartige Anhänge; es sind das die Basalstücke der ältesten, abgefallenen Hauptäste, deren Wundfläche durch eine korkähnliche Zellschicht sich verschliesst. Weiter nach oben stehen fiederartig an der Stelle dieser Dorne die Hauptäste, der Stammspitze zu werden dieselben immer kleiner, die jüngsten von ihnen krümmen sich wie Knospenblätter über den unbegrenzt fortwachsenden Stammscheitel hinüber.

Die einzelnen Hauptäste stellen dünnere, kürzer gegliederte, der Anlage nach ebenfalls unbegrenzt fortwachsende Wiederholungen des Hauptstammes dar, die aber zuletzt abfallen und am Stamm die dornartigen Narben zurücklassen. Der untere Theil der älteren Hauptäste ist mit ganz ebensolchen dornartigen Narben bedeckt, die von den abgefallenen seitlichen Auszweigungen herrühren. Diese Seitenzweige der Hauptäste sind breite, flache, laubartige Kurztriebe, die ich der Bequemlichkeit wegen hier als Breit-Triebe bezeichnen will; die Ebene ihrer Ausbreitung fällt mit der Verzweigungsebene des ganzen Thallus zusammen. Werden diese begrenzten, blattähnlichen von einer Mittelrippe durchzogenen Breittriebe älter, so fallen sie auch ab, und lassen einen Dorn am Hauptast zurück. Die ältesten, zu unterst am Hauptast stehenden Breittriebe sind lineal-lanzettlich, am Rande tief-buchtig gezähnt; eine microskopische Untersuchung zeigt, dass die stumpfen Spitzen der Zähne von einem Wundkork-ähnlichen Gewebe geschlossen sind, was auf weitere, abgefallene Verzweigungen hindeutet. An den jüngeren, weiter vorne stehenden Breittrieben finden wir diese denn auch, und zwar sitzt auf jedem Randzahn wieder ein kleiner, secundärer, lanzettlicher, von einer Mittelrippe durchzogener Breittrieb. Diese Breittriebe letzter Ordnung sind zu Blüthen metamorphosirt; einzelne auch zu grossen, kugligen, gestielten Luftblasen.

Ueberall haben wir also im erwachsenen Zustande eine seitliche Verzweigung — untersuchen wir aber die Entstehung der Seitenzweige an der Spitze der relativen Haupttriebe, so sehen

wir, dass sie auch hier durch Gabelung der Vegetationsspitze angelegt werden, und zwar sowohl am Hauptstamm als seinen Aesten und den Breittrieben, und dass immer alternirend der eine der beiden Theil-Bildungspunkte die Wachsthumsrichtung des Triebes fortsetzt, der andere vollständig zur Seite gedrängt wird.

Was die Gewebebildung anlangt, so können wir im jungen Stamm eine Epidermis, eine aus isodiametrischen Zellen bestehende Rinde und einen aus gestreckten Zellen gebildeten Innenkörper unterscheiden; die Epidermis bleibt auch hier theilungsfähig und erzeugt sehr bald eine viel kleinzelligere secundäre Rinde. Der parenchymatische Innenkörper zerfällt in einen peripherischen, lockeren und einen centralen, dichteren Theil. Aus den Zellen des peripherischen Theils, den man auch Verdickungsgewebe nennen könnte, entwickeln sich später verzweigte Hyphen, die in grosser Menge zwischen den Zellreihen nach abwärts wachsen, in den centralen Theil des Innenkörpers aber nur wenig eindringen. In den älteren Hauptästen kommen die Hyphen nur spärlich vor, den Breittrieben fehlen sie ganz. Diese letzteren besitzen eine primäre und secundäre Rinde, ein aus weiten, aber dicht zusammenschliessenden Zellen gebildetes Füllgewebe und eine engzellige Mittelrippe, die zu beiden Seiten sich flügelartig in das Füllgewebe des Laubrandes hinein fortsetzt.

Die Blüthen zeigen eine den Breittrieben ähnliche Gewebebildung, eine engzellige Mittelrippe, eine Epidermis, eine aus oft radial verlängerten Zellen bestehende Rinde und ein dicht zusammenschliessendes, grosszelliges, parenchymatisches Füllgewebe, welchem die spindelförmigen Conceptakeln eingesenkt sind. Letztere liegen in zwei Reihen zu beiden Seiten der Mittelrippe und öffnen sich mit langgezogener Mündung an der schmalen (scharfen) Seite des Blüthentriebes. Die Conceptakeln sind zwittrig, die Oogonien bilden sich wie bei Fucus, die Antheridien als ovale Seitenzweige von Sprossfäden, die sonst auch steril in grosser Anzahl vorhanden sind.

Blossevillea.

In die Neuholländische Gattung Blossevillea werden eine grössere Anzahl von Arten vereinigt, welche z. Th. durch erhebliche Differenzen im Habitus getrennt sind. So produciren mehre Species, von denen ich leider kein Untersuchungsmaterial besass, wie B. fallax und paradoxa sterile, unverzweigte Breittriebe, welche man

füglich nicht anders als Blätter bezeichnen kann und die sich von den Blättern der Sargassum-Arten in nichts unterscheiden, während wieder andere Blossevilleen auch zwar Kurztriebe produciren, die aber von ihren relativen Hauptästen in nichts wesentlichem abweichen.

Die habituelle Verzweigungsform ist auch hier durchweg die seitliche, kommt aber, wie bei allen bisher betrachteten Fucaceen durch Gabelung der Vegetationsspitze zu Stande, indem in regelmässiger Folge bald der eine, bald der andere Gabelast zur Seite gedrängt wird oder die Wachsthumsrichtung der Hauptaxe fortsetzt. Die genauere Ermittelung der Theilungsvorgänge am Scheitel muss dem Studium frischer Exemplare vorbehalten werden, die mir nicht zu Gebote standen. Einige kurze Notizen über ein paar näher untersuchte Arten mögen hier noch ihren Platz finden.

B. penicillifera besitzt einen zweischneidig zusammengedrückten Stamm von Centimeter-Breite und sehr erheblicher Länge, der an seiner Basis sich erst in einen stielrunden Hals verschmälert und dann in ein scheibenförmiges Rhizom verbreitert. Die Zweige stehen nach $\frac{1}{2}$ Stellung seitlich an den scharfen Kanten des Stammes, die untersten fallen ab und lassen vorstehende Narben zurück. Die Zweige sind von begrenztem Wachsthum, wiederholen aber in ihrem unteren Theil hinsichtlich ihrer Verästelung den Typus des Stammes. Ihre Seitenäste jedoch und ebenso ihre letzten Endigungen behalten auch im fertigen Zustande den Ausdruck der Gabelung, es kommt durch wiederholtes Dichotomiren ein pinselförmiger Büschel dünner, borstenartiger Gabeläste zu Stande. Die letzten Zweigendigungen können sich in Blüthen metamorphosiren, deren eingesenkte Conceptakeln durch Aufblähung perlenschnurförmig hervortreten, doch habe ich nur unvollkommene Zustände davon in Händen gehabt.

Die noch ganz jungen Hauptäste, und ebenso die letzten borstenförmigen Zipfel lassen eine Epidermis, eine Rinde und einen parenchymatischen Innenkörper unterscheiden. Der peripherische Theil des letzteren ist etwas lockerer, und aus seinen Zellen entwickeln sich später Hyphen, durch deren massenhafte Verzweigung die erhebliche Verdickung des unteren Stammes hervorgebracht wird, während die Epidermis von aussen eine beträchtliche secundäre Rinde ablagert.

B. paniculata. Der Hauptstamm ist rundlich und an seinem unteren Theile mit ziemlich langen zugespitzten Dornen besetzt,

den Basalstücken abgefallener Aeste. Bemerkenswerth für die Art ist, dass alle Seitenzweige nach der Stellung $\frac{1}{3}$ angeordnet sind, der Bildungspunkt also nicht in einer, sondern in drei successiven Ebenen sich theilen muss, die Gabel-Aeste werden in constanter Reihenfolge nach 3 Richtungen hin zur Seite gedrängt.

Die Zweige tragen an ihrem unteren Theil lange, nadelartige, seitliche Kurztriebe, welche der Spitze zu sich in Blüthen metamorphosiren, die meist zu büschelförmige Inflorescenzen zusammengedrängt stehen. Die Nadeln und jungen Triebe zeigen denselben Bau, wie bei der vorigen Art, der Stamm und die Hauptäste sind secundär verdickt durch eine massenhafte, von der Peripherie des Innenkörpers ausgehende Hyphenproduction, während secundäre Rindenbildung so gut wie ganz zu fehlen scheint.

Die schöne B. campylocoma hat einen in der Weise zusammengedrückten Stamm, dass die zweizeiligen Aeste der breiten Seite entspringen, die in den Zwischenräumen noch einen rinnenartigen Einstrich besitzt. Die Zweige erster und zweiter Ordnung erhalten durch die Basen abgefallener Aeste ein ähnliches gezähntes Aussehen wie bei Platylobium. Die Endzweige sind lange, wellig gebogene, zusammengedrückte, lineal-lanzettliche Kurztriebe, die sich zu Blüthen metamorphosiren; die Conceptakeln sind dem Innenkörper des Gewebes eingesenkte Hohlräume und öffnen sich mit einen engen Porus nach der schmalen Seite des Blüthen-Triebes. Die Verdickung des Stammes wird durch Hyphenbildung und Bildung secundärer Rinde vollzogen.

Eine der B. campylocoma nahe stehende, meines Wissens bisher nirgends beschriebene Species, die ich hier blos der Kürze halber als B. applanata bezeichnen will, besitzt einen zweischneidig zusammengedrückten Stamm, dessen flachen Seiten die zweizeiligen Aeste entspringen. Dabei könnte man die Basalstücke dieser Aeste am Hauptstamm herablaufend nennen, indem dieselben ganz in die flügelartigen Kanten des letzteren übergehen. Die Hauptäste wiederholen den Stamm; der unterste Seitenzweig jedes Hauptastes fällt sehr früh ab, und daher erscheinen die Hauptäste zahnartigen Fortsätzen des Stammes aufgesetzt; diese letzteren bleiben auch stehen, wenn die Hauptäste abfallen. Die Seitenzweige der Hauptäste gabeln sich in eine obere fertile, ganz dem Blüthenstand von B. campylocoma ähnliche, und eine untere, sterile Hälfte, die sich in eine Menge fadenförmiger Zipfel, einem Ceratophyllum-Blatte nicht unähnlich, gabelt; man könnte wegen der constanten Sterilität

einen solchen Büschel borstlicher Kurztriebe zusammen als ein Blatt auffassen. Einzelne Zipfel können zu gestielten, eiförmigen Luftblasen auswachsen.

Hinsichtlich der Gliederung des Stengels erreicht der in B. applanata angedeutete Typus das Extrem bei B. dumosa. Hier erweitern sich die Basen der Primär-Zweige zu grossen, ovalen, den Stamm flügelartig einfassenden, zweizeiligen Schildern, deren Spitze sich im Laufe des Wachsthums und nach dem Abfallen der sie direct verlängernden unteren Zweighälfte nach unten kehrt. Die obere Zweighälfte persistirt und verzweigt sich selbst sehr lebhaft, durch die abfallenden Seitenäste kommt ein Zickzackförmiges Sympodium zu Stande.

Sargassum Boryanum.

In der Gattung Sargassum finden wir nun die Blattbildung am vollkommensten ausgeprägt, schon die völlige habituelle Uebereinstimmung mit den Sprossen höherer Gewächse lässt keine andere Benennung der Haupttheile zu als Blatt und Stengel.

Sargassum Boryanum besitzt ein scheibenförmiges Rhizom und einen nach oben sich verjüngenden Stengel, dessen Spitze auch hier der Bildungspunkt tief eingesenkt liegt, und zwar eine dreiseitig-pyramidale Scheitelzelle am Grunde eines ähnlichen Canals, wie bei Cystosira.

Der Stengel, welcher nur am Grunde einige wenige seitliche Langtriebe zu bilden pflegt, stimmt im Bau mit demjenigen anderer Fucaceen, speciell der Cystosireen, überein. Die Epidermis wird an älteren Theilen in der Regel durch eine dünnere, secundäre Rinde ersetzt. Das Innere besteht aus Parenchym, dessen peripherische Zellen etwas kürzer, dessen axile etwas länger sind, sonst sich aber nicht wesentlich von einander unterscheiden. Von den mittleren Zellen werden in den älteren Theilen intercellulare Hyphen gebildet, die aber niemals in Menge auftreten. Dafür besteht das Rhizom ganz aus Hyphen, welche in festen, pseudoparenchymatischen Verband mit einander treten, oder in ähnlicher Weise zu einander senkrecht verlaufen, wie bei Cystosira.

Der Stengel der von mir untersuchten Form ist mit dichten Stacheln bedeckt, die den bei Halerica beschriebenen sich gleich entwickeln. Ausserdem trägt er in dichter, schraubiger Folge grosse, lanzettliche Blätter und in den Axeln derselben verzweigte Kurztriebe. Die Blätter lassen die Unterscheidung eines kurzen

Stiels und einer von einem Mittelnerv durchzogenen Spreite zu. Das Gewebe derselben besteht aus einem von einer kleinzelligen, chlorophyllhaltigen Epidermis überzogenen Parenchym, dessen grosse, dünnwandige Zellen eng an einander schliessen; der Mittelnerv wird von kleineren Zellen mit verdickten Wänden gebildet. In die Blattfläche sind zahlreiche, mit (nicht lang hervorstehenden) Sprossfäden versehene Fasergrübchen eingesenkt, die an älteren Blättern in derselben Weise verschlossen werden, wie bei Fucus vesiculosus.

Was die Entwicklung der Blätter und axelständigen Kurztriebe anlangt, so wird von der Stammspitze erst ein seitliches Primordium abgeschieden, dessen Bildungspunkt einem kurzen Spalt eingesenkt ist und eine Scheitelzelle nicht deutlich nachweisen liess. Dies Primordium theilt sich alsbald, und der untere so entstehende Höcker wächst (bestimmt ohne Scheitelzelle) schnell zum Blatt aus, während der obere sich vorläufig nicht fortentwickelt. Die Fläche des Blatts steht anfangs vertical, später erst wird sie durch Drehung horizontal. Erst wenn das Blatt eine gewisse Grösse erreicht hat, wächst auch die Anlage des Axelsprosses fort und erzeugt seitlich wieder kleinere Blätter, von denen wenigstens die unteren zu gestielten, kugligen Luftbehältern metamorphosirt zu sein pflegen. An fertilen Exemplaren werden die oberen Axelsprosse zu Blüthenständen, indem an Stelle der Blattbildung eine indifferente Verzweigung (durch Dichotomie?) auftritt und diese verzweigten Gebilde in ihren Geweben Conceptakeln erzeugen. Leider hatte ich keine Gelegenheit, fertile Exemplare frisch untersuchen zu können.

Ueberblick über die wichtigsten Fucaceen-Formen.

Ich will es versuchen, im Folgenden wenigstens eine Uebersichts-Skizze zu entwerfen von der ungemein mannigfaltigen morphologischen Differenzirung, welche innerhalb der so scharf abgegrenzten und natürlichen Gruppe der Fucaceen sich findet. Meine Darstellung ist weit entfernt, einen Anspruch auf erschöpfende Behandlung des Gegenstandes zu erheben, dazu fehlt es mir vor allen Dingen am nöthigsten, am Material. Allein nicht überflüssig schien es mir trotzdem, die wichtigsten Formen der Fucaceen ihrer äusseren Gliederung nach mit morphologischem Blick zu prüfen und zu verbinden, um wenigstens anzuregen zu einer wirklichen vergleichend-morphologischen Bearbeitung, die uns dann auch zu

einer naturgemässen Anordnung der Gattungen führen wird. Mein Bestreben geht dahin, zu zeigen, nach welchen Richtungen hin die Formen sich wandeln und welche Gegensätze, welche Typen hervortreten; unbekümmert um die gegenwärtig beliebten systematischen Anordnungen wähle ich eine beliebige Form als Ausgangspunkt um dahin die übrigen vergleichend heranzuziehen.

Bereits aus dem mitgetheilten Detail wird ersichtlich sein, dass in der Gliederung des Thallus der Fucaceen Gegensätze hervortreten, welche denen von Blatt, Stengel, Wurzel (Thallom), und Trichom der Phanerogamen entsprechen. Während man aber bei den höheren Pflanzen nur selten sich in Verlegenheit befindet, welcher Rubrik man einen Pflanzentheil zuzumessen habe, so finden sich dagegen diese Rubriken bei den Fucaceen gleichsam im Fluss, sie sind so wenig durch scharfe Merkmale fixirbar, so sehr durch alle Uebergänge verbunden, dass die Anwendung der Benennungen Blatt, Trichom oder Kurztrieb in zahlreichen Fällen so ziemlich der Willkühr, dem Geschmack des Einzelnen überlassen bleibt.

Alle Fucaceen scheinen vegetativ characterisirt zu sein durch einen an der Spitze des Thallus oder Sprosses gelegenen Bildungspunkt (nur Sarcophycus wäre in der Hinsicht noch zu prüfen) und dadurch, dass ein meist vorhandenes secundäres Dickenwachsthum durch peripherische Wucherung einer parenchymatischen Rinde und durch Bildung eines intercellularen Hyphengeflechts verursacht wird.

Wählen wir als Ausgangspunkt [1]) den Fucus vesiculosus, so sind wir wenigstens im Stande, an eine allgemein bekannte Form anzuknüpfen. Der Thallus dieser Art ist flach gedrückt mit normaler, gabeliger Verzweigung, deren Gabeläste in der Regel sich gleichwerthig verhalten. Die adventiven Aeste stören die Architektonik der Pflanze in der Regel nicht mehr, als die am Stamm hervorbrechenden Knospen die Verhältnisse einer grossen Linde. Zu Blüthen metamorphosiren sich die Endzipfel der Thalluszweige. Ganz ähnliche Verhältnisse zeigt Carpodesmia zosteroides, nur dass die Blüthen weit von der Spitze entfernt eine intercalare Stellung an den Thalluszweigen einnehmen. Daran schliesst sich die Gattung Hormosira mit kettenförmig aneinandergereihten abwechselnd aufgetriebenen und zusammengezogenen Gliedern. Alle aufgetriebenen Glieder (mit Ausnahme der untersten) sind Blüthen.

---

1) Diesen Betrachtungen habe ich die Exemplare meines und des Berliner Herbariums, sowie die vortrefflichen Abbildungen von Turner und Kützing zu Grunde gelegt.

Schon bei Fucus platycarpus, ebenso bei Pycnophycus-Arten, wo auch die Differenzirung von Mittelrippe und Laubfläche hinwegfällt, zeigt sich die Tendenz, abwechselnd den rechten und linken Gabelzweig als Kurztrieb auszubilden; dies führt einerseits zum Typus von Sphlachnidium, andrerseits von Halidrys hinüber.

Sphlachnidium ist ein Tang mit seitlich gestellten Aesten, dessen ganze Körperoberfläche Conceptakeln trägt und sich also zur Blüthe metamorphosirt; die Gattungen Xiphophora und Myriodesma halten in dieser Hinsicht etwa die Mitte zwischen Fucus und Splachnidium. Auch die merkwürdige Himanthalia lorea, die ich leider nicht lebend untersuchen konnte, reibt sich an Splachnidium, zeigt aber doch eine Sonderung in vegetativen Thallus und Blüthe. Der vegetative Thallus ist kuglig, mit kurzem Rhizom und umschliesst den Conceptakeln-tragenden Theil, der erst durch Zerplatzen der vegetativen Hülle daraus lang hervorwächst und sich gabelig verzweigt.

Von den beiden Species der Gattung Halidrys steht die eine, H. osmundacea, dem F. vesiculosus näher, die andere, H. siliquosa, ihm ferner. Der sterile Thallus von H. osmundacea besteht aus einer Mittelrippe und breitem Laubrande, er verzweigt sich dichotomisch in einer Ebene, und indem abwechselnd auf jeder Seite ein Gabelast als flacher Kurztrieb verharrt, scheint er seitliche, 2-zeilige Aeste zu tragen, oder er erscheint, wenn man will, fiederspaltig mit langen Zipfeln. Nach Oben, wo der Thallus in die fertile Region übergeht, hört die Sonderung von Rippe und Laubrand ganz allmählig auf, es erscheinen lauter linealisch-lanzettliche seitliche Kurztriebe, die entweder perlschnurförmig an einander gereihte Luftbehälter tragen, oder, mit Conceptakeln bedeckt und einem kurzen Stiele aufsitzend, als Blüthen fungiren; manche dieser Aestchen sind auch unten als Luftbehälter, oben als Blüthe metamorphosirt. H. siliquosa unterscheidet sich dadurch, dass auch in der sterilen Region des Thallus kein flacher Laubrand vorhanden ist.

In der Gattung Carpoglossum finden wir eine ähnliche Ausprägung seitlicher Kurztriebe. Bei C. confluens sind dieselben flach, erscheinen als Fiedertheilungen des dem F. vesiculosus ähnlichen Thallus; nicht nur sie, sondern auch die ganzen Hauptäste sind mit Conceptakeln überzogen. Bei C. constrictum dagegen (vgl. die detaillirte Darstellung) werden die kleinen, ovalen, stets ausschliesslich zu Blüthen metamorphosirten Kurztriebe von zahnartigen Vorsprüngen des Laubrandes gestützt, so dass sie axillar

zu rudimentären Blättern erscheinen. Bei Ozothallia nodosa werden diese Blattansätze noch unbeträchtlicher und nicht selten steht in der Axel derselben durch Polytomie des zur Seite gedrängten Bildungspunktes ein ganzer Büschel von Kurztrieben, beziehungsweise Blüthen. Hieran schliesst sich enge Contarinia australis. Dieser merkwürdige Tang, dessen Thallus an Fucus vesiculosus erinnert, formt einzelne kürzere Zweige dadurch zu Inflorescenzen um, dass an den Randzähnen derselben Gruppen äusserst kleiner, gestielter Blüthen-Kurztriebe hervorbrechen, entstanden durch Polytomirung der seitlich gedrängten Bildungspunkte. Diese Bildung ändert sich bei Scytothalia dahin ab, dass ein ebenfalls flacher, in gleichwerthige Aeste sich theilender Thallus in den Winkeln dieser Aeste auf der scharfen Thallus-Kante eine bildungsfähige Region bewahrt, welcher sehr zahlreiche, reihenförmig geordnete, kleine, lanzettliche Blüthenäste entspringen. Demselben Bauplan folgen auch die Gattungen Marginaria und Phyllospora, während Carpophyllum bereits zu den Sargasseen hinüberleitet.

Platylobium Mertensii lässt sich dem Habitus nach an Carpoglossum confluens anknüpfen; dasselbe wurde oben weitläufiger beschrieben und sei hier nur hervorgehoben, dass die breiten, seitlichen Kurztriebe schon eine grössere Selbständigkeit besitzen und durch ihr Abfallen an Blätter erinnern.

Pterocaulon Peronii könnte man ein Sargassum mit nicht völlig differenzirten Blättern nennen. Der Thallus ist flach, von scharf abgesetzter Mittelrippe durchzogen, und erscheint durch abwechselndes Zurseitedrängen eines nicht weiter entwicklungsfähigen Gabelastes fiederspaltig. In den Axeln dieser Fiedern aber entspringen dichotomisch verzweigte Inflorescenzen, deren unterste Aestchen zu gestielten, kugligen Luftblasen, die oberen zu Blüthen umgewandelt sind.

Bei Anthophycus longifolius endlich, wohl der schönsten aller Fucaceen, wird die Differenzirung des Thallus in einen stengelartigen Theil und flache, seitliche, blattartige Abschnitte vollkommen, und zwar vollzieht sich dieser Differenzirungsprocess in der Metamorphose dieser Pflanze selbst.

Die sterile Pflanze (nach Exemplaren meines Herbariums) erinnert durch ihren flachen, breiten, von einer Mittelrippe durchzogenen Thallus noch sehr an Fucus vesiculosus und unterscheidet sich nur dadurch, dass der Aufbau ein sympodial seitlicher wird und die Seitenäste eines theilungsfähigen Bildungspunktes entbehren.

Anders wird es in der fertilen Region, wo der Thallus in eine grosse Gesammt-Inflorescenz übergeht. Hier wird das Thallus-Sympodium zu einer stengelähnlichen Spindel, die Seitenäste zu langen, lanzettlichen, in einen Stiel verschmälerten Blättern. An meinem Exemplare sind die untersten Blätter steril, z. Th. zu Luftbehältern aufgeblasen; die höheren Blätter werden hochblattartig, immer kleiner und tragen in ihren Axeln die schönen, vielfach zusammengesetzten, rispigen Special-Blüthenstände. Diese aus zahlreichen kleinen Blüthen bestehenden Rispen entspringen nicht dem Winkel zwischen Spindel und Blatt, sondern aus dem Blattstiel; offenbar hat sich auch hier erst ein Primordium gebildet, das durch Gabelung den Blüthenstand und dessen Tragblatt erzeugte. Die oberen Blüthenstände sind tragblattlos und werden der Spitze zu immer winziger. An dem von Kützing abgebildeten Exemplare finden sich auch noch grosse, den Tragblättern opponirte Vorblätter.

Die scharfe Differenzirung von Stengel und Blatt, also eine wirkliche Sprossbildung, findet sich dann ganz allgemein bei den Sargasseen, und ist bereits oben bei Sargassum Boryanum besprochen, dem andere Arten in grösserer oder geringerer Variation sich anschliessen. Bei vielen Sargassum-Species sind auch stachelartige Trichombildungen zu beachten. Durch den grossen Reichthum ihrer Formen bemerkenswerth ist besonders die Gattung Blossevillea. B. heterophylla trägt am unteren Theil des Stengels grosse, flache Laubblätter, die am oberen Theil zu kleinen, schmalen Hochblättern werden, deren Axeln kleine Inflorescenzen entspringen. Aehnlich sind B. fallax und B. paradoxa, wo die Tragblätter der Blüthenstände zuletzt aufhören. Bei anderen Arten dieser Gattung sind keine Blätter mit breiter Spreite entwickelt, sondern es finden sich Systeme vielfach zertheilter, seitlicher Auszweigungen, die als Ganzes abfallen, und die man entweder den Blättern von Ceratophyllum vergleichen und Blätter, oder Kurztriebe nennen kann. Die Grenzen beider Begriffe verfliessen hier in einander. Einen besonders prägnanten Habitus besitzt die Gattung Turbinaria; sie unterscheidet sich von Sargassum nur durch die eigenthümlich gestalteten, kreiselförmigen, hohlen Blätter.

Es erübrigt nun noch die Familie der Cystosireae, aus der wir bereits die beiden Arten von Halidrys vorweg betrachtet haben. Die Cystosireen umschliessen alle Uebergänge vom Thallom zum Spross, sowie zwischen Kurztrieb, Blatt und Trichom; diese

Kategorien können scharf gesondert neben einander vorkommen, wie bei Sirophysalis muricata, sie können aber auch unentscheidbar in einander schwimmen. Bei Coccophora Langsdorfii, die ich einstweilen hierher rechnen möchte, haben wir kleine, nadelartige Blätter, die an der Spitze der Sprosse sich zu Blüthen metamorphosiren. In den Gattungen Treptacantha und Phyllacantha werden diese Blätter immer kleiner und sind zuletzt kaum anders als Stacheln zu nennen; bei Phyllacantha fibrosa verlängern und verzweigen sie sich wie bei Blossevillea, und wäre man hier am meisten geneigt, von Kurztrieb-Systemen zu sprechen. Der Zusammenhang zwischen Blättern und Stacheln bei Halerica ericoides ward bereits oben erwähnt. Bei Cystosira abrotanifolia und barbata endlich kann füglich nur von einem fein gabelig zertheilten Thallome die Rede sein, das bei Hormophysa und Halidrys dem gewöhnlichen Fucus noch ähnlicher wird. Zahllose Variationen enthalten die einzelnen Species dieser manchfaltigen Familie.

Ueber Durvillaea und einige andere merkwürdige Gattungen habe ich mir noch keine feste Ansicht zu bilden vermocht.

B. Laminarieen.

Während die Gruppe der Fucaceen alle Uebergänge zwischen Thallus und Spross darbietet, oft an einem Individuum, und zugleich die mannichfachsten Stellungsverhältnisse und Wachsthumsrichtungen zum Ausdruck bringt, scheint das Längenwachsthum doch ganz allgemein durch die Thätigkeit eines an der Spitze des Thallus oder Spross gelegenen Bildungspunktes vermittelt zu werden, der auch die Auszweigungen durch Theilung erzeugt.[1]) Dem gegenüber unterscheiden die Laminarieen (wenn wir die noch unvollständig studirte Gruppe der Macrocystideen — Thalassiophyllum, Macrocystis, Lessonia etc. — vorläufig ausschliessen) sich durch den völligen Mangel des Spitzenwachsthums, indem der Zuwachs derselben durch ein von der Spitze entfernt gelegenes Bildungsgewebe besorgt wird.

1) Nur die unzweifelhaft den Fucaceen zuzurechnende Gattung Sarcophycus bildet vielleicht eine Ausnahme, wenn dem Laminaria-ähnlichen Habitus auch die dieser Gruppe eigene Lage des Bildungsgewebes entspräche; es war leider bisher nicht möglich, diese Frage zu entscheiden.

Ausserdem zeigt der Körper der Laminarieen eine sehr characteristische Gestalt, die sogleich an der ersten Species erläutert werden soll.

1. Laminaria saccharina.

Der Thallus von Laminaria saccharina gliedert sich in ein verzweigtes, einem System von Wurzeln gleichendes Rhizom, einen mehr weniger cylindrischen Stiel und einen grossen, ausgebreiteten Spreitentheil. Sehen wir von dem Rhizom einmal ab, so entspricht der Laminarien-Thallus insofern einem ganz jugendlichen Fucus vesiculosus, als hier der Stiel an seiner Spitze direct durch allmählige Verbreiterung und Erweiterung in die Spreite übergeht. Nicht von einem Stengel und einem auf denselben sich beziehenden Blatt kann also die Rede sein, sondern diese Thallusform lässt sich höchstens dem Blatt einer Gefässpflanze vergleichen, wo ja Stiel und Lamina in dem gleichen Verhältniss zu einander stehen. Denn für den Begriff des Blattes halte ich es für unerlässlich, dass das Blatt sich als seitliches Gebilde auf die Axe des Stengels beziehen lasse; sonst würden wir bei den Laminarien mit einem terminalen Blatte in eminentem Sinne zu thun haben.

Was den histologischen Bau zunächst des Stiels anlangt, so kann man einen Innenkörper auch hier von einer Rinde unterscheiden, deren äusserste, sehr kleinzellige Schicht durch eine sehr dicke Schleim-Cuticula zu einer Epidermis wird. Die Rinde kann man in eine äussere und innere scheiden. Die innere Rinde besteht aus grossen Parenchymzellen, welche durch Abrundung hier und da Intercellularräume erzeugen, die aber alsbald durch die Quellung der äussersten Wandschichten sich mit Schleim anfüllen. Die äussere Rinde ist hauptsächlich unterschieden durch die Theilbarkeit ihrer Zellen, fast in allen, auch in denen der Epidermis, findet man zarte, tangentiale Querwände, wodurch radiale, zur Oberfläche senkrechte Reihen erzeugt werden. Die innersten Schichten dieses Rinden-Meristems werden fortgesetzt an die innere Rinde abgegeben wobei sie zu Dauergewebe werden. Der Meristemcylinder der äusseren Rinde functionirt also ganz ähnlich wie der Cambiumcylinder der Dicotylen und sorgt für den unausgesetzten peripherischen Zuwachs des Stieles; doch scheinen bei dieser Art noch ziemlich bescheidene Grenzen der Verdickung inne gehalten zu werden.

Der Innenkörper besteht an der Peripherie aus etwas engeren Parenchymzellen, als die der inneren Rinde sind, mit stärker verdickten Wänden. Diese letzterwähnten Zellen schliessen einen Gewebestrang ein, der aus zahlreichen durch einander geflochtenen Hyphen gebildet wird, zwischen denen sich noch vereinzelte Parenchymreihen erkennen lassen, aus denen die vielfach verzweigten Hyphen ursprünglich hervorgewachsen sind.

An der Basis eines Stiels, dicht über dem Rhizom, ist der Hyphenstrang fast kreisförmig im Querschnitt, etwas höher hinauf wird er oval, lang oval und wo der Stiel anfängt, sich allmählig zur Lamina zu erweitern, nimmt auch der Hyphenkörper eine dieser Verbreiterung entsprechende Form an, wobei eine erhebliche Ueberhandnahme des Hyphengewebes über die Rinde statt hat, indem die Hyphen zwischen zahlreiche Zellreihen der inneren Rinde eindringen. Die Parenchymzellen, welche man in einzelnen Längsreihen dem axilen Hyphengewebe eingestreut findet, sind langgestreckt und dabei an ihren Enden, mit denen sie an einander grenzen, halbkuglig aufgeblasen, so dass immer zwei Halbkugeln sich zu einer kugligen Auftreibung ergänzen. Die tangentialen Theilungen in den äusseren Rindenschichten haben hier, in der Uebergangsregion zwischen Stiel und Spreite, überhaupt aufgehört. Gehen wir nun noch weiter nach oben, bis in die eigentliche Lamina hinein, so zeigt diese dieselben histologischen Gruppen, die wir im Stiel unterscheiden: die Lamina ist eben nichts anderes als der in die Breite gezogene Stiel, wie sich auf successiven Querschnitten mit Evidenz herausstellt. Wir haben demnach in der Lamina eine mittlere Hyphenschicht, auf beiden Seiten davon ein grosszelliges Rindenparenchym, zu äusserst einige kleinzellige Schichten, die alle Träger der Chlorophyllkörner sind, und deren letzte als Epidermis an ihrer Aussenseite noch mit einer Schleim-Cuticula bekleidet ist.

Während die Spitze der Lamina immer nur aus alten, ausgewachsenen Zellen besteht, während ein Dickenwachsthum durch tangentiale Theilungen nur im unteren Theil des Stiels statt findet, liegt die das Längenwachsthum vollziehende Stelle, also wenn man will, der Bildungspunkt, gerade in der Uebergangsstelle zwischen Stiel und Lamina. Hier befinden sich in der Periode, wo das Längenwachsthum statt hat, — also im Frühjahr — sämmtliche Zellen [1]) in meristematischem Zustande. Sowohl in den Zellen der

1) Mit Ausnahme der einzelnen langen Parenchymzellen mit aufgeblasenen Enden.

Epidermis, als in denen der Rinde, besonders der inneren, und sogar der längsverlaufenden Hyphen findet man zahlreiche dünne und junge Scheidewände, senkrecht zur Längsaxe des Stiels: diese bildungsfähige Region zeigt die intensivste Zelltheilung in der Länge von etwa 1 Centimeter, erstreckt sich aber noch weiter in die Lamina hinein. Man kann die Lage dieser intercalaren Bildungsstelle am ehesten vergleichen der Lage eines intercelaren Bildungspunktes im untersten Stück einer dicotylen Blatt-Lamina, dicht oberhalb des Stiels.

Bekannt ist schon durch die Beobachtungen von Turner die periodisch in jedem Frühjahr sich wiederholende Erneuerung der Lamina aus dieser bildungsfähigen Stelle. Die Basis der Lamina fängt hier plötzlich in dem Grade an, sich zu verbreitern, dass dadurch scheinbar eine Einschnürung gegen den höheren Theil der Lamina entsteht, und gleichzeitig wächst das unterhalb dieser „Einschnürung" (wie die bisherigen Beobachter sich ausdrückten) gelegene Stück lebhaft in die Länge, die alte Spreite vor sich herdrängend, bis es sich durch fortgesetztes Basalwachstum zu einer neuen, vollständigen Lamina ergänzt hat; dabei wird die Spreite des Vorjahrs zuletzt abgeworfen. So scheint der Stiel eine Reihe von Jahren perfistiren zu können, während die Spreite alljährlich einem Verjüngungsprocess unterliegt, wie das periodische Laub unserer Bäume. Leider bin ich nicht in der Lage, genauere histologische Mittheilungen über diesen interessanten Verjüngungsprocess zu machen, weil eine reiche Sendung frischer, in den günstigsten Stadien befindlicher Laminarien auf dem Transport von Helgoland nach Göttingen verdarb.

Es erübrigt noch, das Rhizom zu betrachten. Dasselbe besteht aus zahlreichen, wurzelähnlichen Aesten, welche seitlich von der Basis des Stieles ausstrahlen und sich mehrfach zu gabeln vermögen. Die ältesten Rhizomäste wachsen ganz unten aus dem Stiel hervor, jüngere entstehen etwas höher hinauf am Stiel, seitlich; alle sind characterisirt durch den Mangel an Chlorophyll und durch Spitzenwachsthum. Der Bau der einzelnen Rhizom-Aeste ist äusserst einfach: sie bestehen aus dicht aneinanderschliessenden Parenchymreihen, die gegen die Spitze zu einen leicht orthogonaltrajectorischen Verlauf einschlagen, wie bereits durch Magnus hervorgehoben wurde. Ausser der kleinzelligen Epidermis zeigt ein solcher Rhizomast im Querschnitt keinerlei Structur-Differenzen. Die etwas höher am Stiel stehenden Rhizom-Aeste entstehen durch

gleichsinniges Auswachsen der Epidermis und der darunter gelegenen, an sich schon meristematischen, äusseren Rindenschichten des Stiels. Die einzelnen so entstehenden ursprünglich parallelen Zellreihen spalten sich scheitelwärts und nehmen dadurch den divergirenden Verlauf an.

Was die Fortpflanzungserscheinungen an Laminaria anbetrifft, so könnte man sagen, Laminaria verhalte sich zu Fucus wie ein Farrenkraut-Wedel zu einem Phanerogamen-Spross. Die Sporangien finden wir zu grossen, unregelmässigen Flecken zu beiden Seiten der Lamina vereinigt, die man auch hier zweckmässig als „Sori" bezeichnet hat. Merkwürdig ist, dass gewisse Stellen der Spreite zu beiden Seiten Sori bilden, derart, dass der Umriss dieser meistens ziemlich congruent erscheint.

Ein Querschnitt durch einen solchen Sorus gleicht vollständig einem Schnitt durch das Hymenium eines Ascomyceten. Er zeigt den Sorus seiner Hauptmasse nach bestehend aus langen, senkrecht-pallisadenförmigen Zellen, deren äussere Wand zu einer dicken Schleimschicht aufgequollen ist. Diese Zellen sind metamorphosirte Epidermiszellen, sie gehen durch Auswachsen derselben hervor und ihre Schleimdecke bildet sich aus der Erweiterung der Cuticula. Diese Zellen, die man Paraphysen nennen kann, besitzen ein ziemlich reichliches Protoplasma mit braunen Chlorophyllkörnchen. Zwischen diesen Paraphysen eingestreut findet man die Sporangien in allen Stadien der Entwicklung. Auch sie entsprechen einzelnen Epidermiszellen, die aber immer erst auszuwachsen scheinen, nachdem die an Zahl weit vorwiegenden Paraphysen bereits fertig gebildet sind. Es sind die Sporangien keulenförmige Zellen, die sich von den Ascis der Pilze eigentlich in nichts unterscheiden. Die Entwicklung der Schwärmsporen wurde bereits von Thuret beschrieben.

Ob mitunter zwischen den an Gestalt und Grösse gleichen Schwärmsporen Copulation stattfindet, ist noch nicht erwiesen; doch ist nach der Analogie mit Laminaria bulbosa [1]) zu schliessen, dass die zur Ruhe gekommenen Schwärmsporen direct ohne Sexualact auskeimen. Hier besteht noch eine beträchtliche Lücke in unserer Kenntniss vom Entwicklungsgang der Laminaria saccharina. Ganz junge Keimpflanzen haben Thuret (l. c.) und Kützing (Phyc. gen. Taf. 24) übereinstimmend abgebildet, und geht wenigstens

1) Vgl. die Abbildungen bei Thuret.

soviel daraus hervor, dass gleich von vorne herein in der Entwicklungsweise das Wachsthum durch eine Scheitelzelle ausgeschlossen ist, und dass bereits auf der Stufe, wo der junge Thallus erst eine Zellschicht dick war, die Differenzirung in Stiel und Lamina sich vollzieht. Mir standen nur etwas ältere Individuen zu Gebote, wo bereits alle Theile des Thallus mehrschichtig waren und der Stiel sich gerundet hatte.

Solche junge Individuen besitzen einen nur kurzen Stiel und eine schmal-lanzettliche, lang zugespitzte Lamina. Diese Lamina besteht an ihrer Spitze und weiter rückwärts an beiden Rändern aus nur einer Schicht von Parenchym-Zellen. Der oben breite einschichtige Rand keilt nach der Basis der Spreite zu beiderseits aus, indem hier nicht bloss der mittlere Theil, sondern die ganze Lamina mehrschichtig wird, um dann zuletzt in den runden Stiel überzugehen (vgl. Taf. XXVII, Fig. 18).

Auf Querschnitten erkennt man, dass der mittlere Theil einer solchen jungen Lamina ausser der beiderseitigen, kleinzelligen Epidermis nur aus zwei grosszelligen Parenchymschichten besteht, die dann an der Basis sich noch vermehren. Der Stiel zeigt eine Epidermis, ein Rindenparenchym und etwa ein Dutzend axiler Zellen mit stärker gequollenen Wänden, die dann später z. Th. in Hyphen auswachsen.

Wenn nun auch zweifelsohne durch Hyphenerzeugung und cambiales Wachsthum der Rinde der Stiel eines solchen jungen Pflänzchens sich zu einem Stiel entwickelt, wie wir ihn an den grössten Individuen vor uns sehen, so ist mir in Betreff der soeben beschriebenen jugendlichen Lamina nicht wahrscheinlich, dass sich dieselbe durch secundäres Wachsthum noch wesentlich verändert, sondern die nächsten Stadien, die man findet, wo die Lamina auch an der Spitze und am Rande mehrschichtig und wo in ihrer Basis sich bereits Hyphen entwickeln, dürfte bereits einer zweijährigen Pflanze angehören, deren primäre Lamina durch sie ersetzt wurde. So erstarken die Individuen von Jahr zu Jahr, indem die im Stiel sich successive bildenden Complicationen immer den sich erneuernden Spreiten mitgetheilt werden.

Laminaria digitata.

Diese Art stellt eine massigere Wiederholung der vorigen dar, ohne wesentliche abweichende Momente, so dass ich mich bei ihrer Behandlung kurz fassen kann. Der Hauptunterschied beruht in

der zerspaltenen Lamina, die, wie schon Harvey nachwies, nicht auf grober Zerreissung durch den Wellenschlag beruht, wie die älteren Autoren sich vorstellten, sondern auf einer durch einen specifischen Wachsthumsprocess vor sich gehenden Spaltung, die an die Spaltung der Lamina bei den Blättern der Palmen erinnert.

Der innere Bau der Lamina ist der nämliche, wie bei L. saccharina, nur bestehen die einzelnen Gewebelagen aus zahlreicheren Schichten. Auch die Bildung der Sori stimmt ganz mit der von L. saccharina überein, doch besitzen hier die Sori meist eine viel geringere Ausdehnung, ebenso sind die einzelnen Paraphysen und Sporangien kleiner.

Der junge Stiel, desgleichen die vielfach gabelig verzweigten Rhizomäste, die auch hier und da adventive Seitenäste treiben und die eines Dickenwachsthums durch cambiale Thätigkeit ihrer äussersten Parenchymschichten fähig sind, stimmen im Bau mit L. saccharina überein; die älteren, besonders die eine Reihe von Jahren zählenden Stiele verdienen dagegen noch unsere Aufmerksamkeit. Die Stiele lassen — abgesehen von dem Innenkörper, dessen centraler Theil aus Hyphen besteht, der peripherische aus Parenchym mit stark gequollenen Wänden — eine doppelte Rinde, eine innere und eine äussere erkennen; die innere ist grosszellig, die äussere kleinzellig; ihre letzte Schicht ist die mit dicker Cuticula bekleidete Epidermis. Die inneren Schichten der äusseren Rinde sind gegen die innere Rinde ziemlich scharf abgesetzt durch die stärkere Quellung ihrer Zellwände. Beide Rinden haben, wenigstens eine Zeitlang, an ihrer peripherischen Seite eine Schicht des Zuwachses, wenn man will eine Cambialschicht. Der Dickenzuwachs der äusseren Rinde hört aber schliesslich auf, ihre Zellen theilen sich nur noch soviel um der Ausdehnung der inneren Gewebe zu folgen, während ihre Zellwände sich bräunen und die Epidermis z. Th. durch Corrosion verloren geht.

Statt dessen wächst die innere Rinde sehr lebhaft in die Dicke, aus ihrem Gewebe besteht weitaus der grösste Theil der älteren Stämme, die ja meist eine beträchtliche Stärke besitzen. Die in radialen Reihen angeordneten Zellen lassen sich dem dicotylen Holzkörper in ihrem Zuwachs vergleichen. Schon mit unbewaffnetem Auge kann man an älteren Stämmen wahrnehmen, dass dieselben von schmalen, dunkleren Zonen durchzogen werden, die auch den Anilinfarbstoff lebhafter aufspeichern. Diese dunkleren Zonen — deren eventuelle Analogie mit den Herbstholzringen der Dicotylen

hier unerörtert bleiben mag — bestehen aus kleineren, in radialer Richtung etwas zusammengedrückten Zellen mit wenig dickeren Wänden; doch hat Kützing[1]) die Differenz zu den lockeren Zonen übertrieben. Erst in der Aussenrinde alter Individuen finden sich die Schleim führenden Lacunen, behufs deren Darstellung ich auf Kützing (l. c.) und Ruprecht[2]) verweise.

Interessant ist die radiale Zerklüftung, welche man vielfach im Innern alter Individuen findet. Die Querschnitte solcher Stiele sind dann mit Ausnahme der Aussenrinde von breiten, radialen Spalten durchsetzt, die offenbar durch Spannungsdifferenzen entstehen.

Alaria esculenta.

Alaria unterscheidet sich dadurch von Laminaria, dass der Stiel sich nicht anatomisch in die ganze Spreite auflöst, sondern als gesonderte Mittelrippe dieselbe durchsetzt, und dass die Sori auf besonderen Fiedern sitzen, welche seitlich an der Basis der Lamina entspringen. Während die Lamina auch hier periodisch neugebildet wird, so entstehen nach Agardh[3]) die Fiedern nicht durch Spaltung, sondern als Auswüchse, also wohl in ähnlicher Weise, wie ich das Hervorwachsen von Rhizomästen aus dem Stiel bei L. saccharina beschrieben habe.

Mir standen junge Individuen zur Verfügung in verschiedener Grösse (1 bis 20 Centim. lang), von ausgewachsenen Exemplaren besass ich nur einen Abschnitt einer riesenhaften Lamina, ohne den Stiel; doch ist aus dem Vergleich mit den jüngeren Exemplaren wie auch mit den nahe verwandten Laminarien nicht anzunehmen, dass in dem Stiel der erwachsenen Individuen noch besondere Abweichungen vorkämen. Was zunächst die Mittelrippe anlangt, so besteht dieselbe, abgesehen von der kleinzelligen Epidermis, aus einem höchst regelmässigen Parenchym mit gleichmässigen, dünnen, nicht gequollenen Zellwänden, welches in der Mitte, und zwar in der Richtung der Lamina, von einer schmalen Platte abweichenden Gewebes transversal durchsetzt wird. Diese Mittelschicht besteht aus lang gestreckten Zellen mit stark verdickten Wänden und anderen mit weniger verdickten Wänden. Was die erstere Art von Zellen anlangt, so zeigt sich das Lumen derselben im Querschnitt von sehr verschiedener, unregelmässiger Gestalt;

1) Phycol. gen. Taf. 31, Fig. 3.
2) Ueber den Bau dicker Algenstämme, Petersburg 1848.
3) Botan. Zeit. 1874, No. 35.

wo zwei solcher Zellen, die einer Reihe angehören, mit ihren Querwänden auf einander stossen, sind sie kopfförmig aufgetrieben und dicht erfüllt von einer ungewöhnlich stark lichtbrechenden Substanz, von der sich nicht entscheiden lässt, ob sie Inhaltsmasse ist, oder was wohl natürlicher, als eigenthümlich veränderte und verdickte (gequollene) Querwand aufzufassen. Die zwischen diesen verdickten Zellen gelegenen nicht verdickten Zellen wachsen alle zu kurzen, gefächerten, hyphenartigen Fortsätzen aus, welche nach allen Richtungen zwischen die verdickten und die benachbarten Parenchymzellen eindringen und somit eine dem mittleren Gewebe von Laminaria entsprechende Schicht bilden.

Nach beiden ihrer schmalen Seiten hin zeigt die Mittelrippe den Uebergang in die Lamina, welche in der Nähe der Rippe aus kleinzelliger Epidermis, darunter gelegenem grosszelligem Parenchym und einer Mittelschicht, welche dasselbe Gewebe aufweist, wie die gleiche Schicht der Rippe, nur weniger entwickelt. Mit zunehmender Entfernung von der Rippe verschmälert sich diese Mittelschicht immer mehr, und auch das grosszellige, subepidermale Parenchym besteht zuletzt nur noch aus je einer Zellschicht.

Zerstreut über die Oberfläche trägt die Lamina büschelförmige Gruppen von Sprossfäden, welche den Sprossfäden von Fucus gleichen, und weicht diese Bildung nur dadurch ab, dass hier keine tieferen Einsenkungen („Fasergrübchen") vorkommen, sondern die Sprossfäden durch Auswachsen und sich in einer Richtung Theilen der Epidermiszellen entstehen.

Fertile Exemplare zu untersuchen hatte ich keine Gelegenheit.

Das Rhizom entspricht ganz demjenigen der Laminarien und findet der Zuwachs durch Zelltheilung an der Peripherie, besonders am Scheitel statt. Die äusserste, vorzugsweise in Theilung befindliche Zellschicht ist mit dichtem, gelbem, stark lichtbrechendem Inhalt erfüllt. Auf der dem Substrate angeschmiegten Unterseite der Rhizom-Aeste wachsen die oberflächlichen Zellen büschelweise oder massenhaft zu einzelligen Wurzelhaaren aus.

Junge Individuen zeigen ganz dieselbe Vertheilung des Wachsthums am Thallus, wie bei Laminaria: Das mit lebhafter Zellentheilung verbundene Längenwachsthum findet in der Uebergangsregion zwischen Stiel und Spreite statt, ein intercalarer Doppelbildungspunkt, für den Stiel an dessen Spitze, für die Spreite an deren Basis gelegen, doch durch allmähligen Uebergang beide Theile verbindend.

Der Stiel junger Pflanzen zeigt im Querschnitt an der Peripherie in Quertheilung befindliche Zellen mit dem schon am Rhizom erwähnten gelben Inhalt; darauf folgt ein weitzelliges zartwandiges Parenchym, dessen Zellwände sich gegen die Axe zu immer mehr (schleimig) verdicken. Der eigentliche Innenkörper wird dann gebildet von Reihen langgestreckter Zellen, die in der Nähe ihrer Querwände bauchig aufschwellen, denselben, die in der erwachsenen Mittelrippe — in der jungen Rippe sind die Verhältnisse wie im jungen Stiel — ein sehr verengtes Lumen zeigen, was in der Jugendperiode noch nicht der Fall ist. Diese Zellen sowohl als auch benachbarte kürzere Parenchymzellen entwickeln schon sehr früh Hyphenäste, die sich zwischen ihnen, ganz wie bei Laminaria saccharina, einschieben. Während dies Hyphengewebe in der Mittelrippe der Spreite eine transversale Platte bildet, stellt es im Stiel einen nach unten sich zuspitzenden Central-Cylinder dar.

Das Rhizom ganz junger Individuen ist auch bei dieser Pflanze scheibenförmig und besteht nur aus Parenchymzellen, später wachsen dann die wurzelartigen, auch nur aus Parenchym gebildeten Aeste daraus hervor, die sich von denen der Laminaria in nichts unterscheiden.

Ich hoffe demnächst Gelegenheit zu finden, den Bau und die Entwicklung anderer, den Laminarieen verwandter Algen darzulegen; erst bei genauerer Kenntniss verschiedener Gattungen wird es dann auch möglich sein, die Verwandtschaft der Laminarieen festzustellen. Dass die künstliche Scheidung der Schwärmsporen erzeugenden Algen je nach dem Gehalt an Phycoxanthin oder nicht in Chlorosporeen und Phaeosporeen auf die Dauer nicht haltbar ist, scheint mir unzweifelhaft. Eine natürliche Gruppirung muss hier nothgedrungen ebenso gut die gesammten Entwicklungsverhältnisse berücksichtigen, wie bei anderen Abtheilungen des Gewächsreichs; und die Zusammenstellung der Laminarieen mit den Sphacelarieen ist doch eine sehr unglückliche. Ich halte es nicht für undenkbar, dass wir wieder die Laminarieen durch Phyllitis mit den Ulven zu einer natürlichen Reihe verbinden werden, die Sphacelarieen mit den Cladophoreen u. s. f. Doch bedarf es vorher noch sorgfältiger vergleichender Detailstudien, und soll hier nur eine Perspective auf eine möglicher Weise realisirbare Gruppenbildung eröffnet werden.[1])

---

1) Vgl. auch das kurze Referat in Bot. Zeit. 1875, Nr. 29 über eine mir zur Zeit unzugängliche Arbeit Janczewski's.

Schliesslich habe ich noch die angenehme Pflicht zu erfüllen, Herrn Prof. Accurti in Triest, Prof. Garcke in Berlin, Hofr. Bartling und Grisebach hier für Ihre freundliche Unterstützung durch Material meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Göttingen, 1. Mai 1875.

Erklärung der Tafeln.

Tafel XXV.

Fig. 1. Radialer Längsschnitt aus einem älteren Thallus von Ozothallia nodosa. r die in secundärer Theilung begriffene, gegen die Epidermis nicht scharf abgesetzte Rinde. v die Verdickungsschicht. m der Innenkörper, secundär verdickt durch ein dichtes Geflecht zahlreicher, nach allen Richtungen durcheinander geflochtener Hyphen, durch welche die ursprünglichen Parenchymzellreihen weit aus einander gerückt worden sind.

Fig. 2. Verticaler Längsschnitt etwa 1 Centimeter unterhalb der Spitze aus der Mittelrippe von Fucus vesiculosus. m primäres Parenchym des Innenkörpers. v Verdickungsschicht, deren einzelne Zellen zu Hyphen auswachsen, die sich zwischen die Parenchym-Reihen des Innenkörpers einbohren. r primäre Rinde. e Epidermis.

Fig. 3. Partieller Querschnitt aus einem älteren Stiel von Fucus vesiculosus. m der Innenkörper, dessen Parenchymzellen durch zahlreiche, hier meist querdurchschnittene Hyphen auseinander gedrängt sind. sr secundäre Rinde; die Epidermis ist abgeworfen.

Taf. XXVI.

Fig. 4. Verticaler Längsschnitt durch die Spitze eines Thallus-Zweiges von Fucus vesiculosus. s der den Spalt ausfüllende Schleim. e Epidermis. f Fortbildungszellen. Die Wände der von derselben ausstrahlenden Parenchymreihen der Mittelrippe (m) sind z. Th. durch die Einwirkung von Kali sehr stark gequollen.

Fig. 5. Spitze des Thallus von Fucus vesiculosus von oben, schwach vergrössert.

Fig. 6. Zellen des eigentlichen Bildungspunktes von obeu, stärker vergrössert.

Fig. 7. Querschnitt durch die Scheitelzelle des Hauptstammes von Halerica ericoides.

Fig. 8. Längsschnitt durch die Scheitelzelle von Halidrys siliquosa.

Taf. XXVII.

Fig. 9. Längsschnitt durch einen jungen Adventivast von Fucus vesiculosus, noch im Gewebe des Rhizoms eingeschlossen.

Fig. 10. Nach Maceration mit Salzsäure aus dem Rhizomgewebe von Fucus vesiculosus frei präparirte, junge Anlage eines Adventivastes, von Oben gesehen; die Anlage hat die Form einer Kugelcalotte und ist noch von den Hyphen des Rhizoms umgeben.

Fig. 11. Theilungen in einer Gliederzelle einer Rhizomhyphe, welche die erste Anlage eines Adventivastes vorstellen.

Fig. 12. Ansammlung von dichtem Plasma und Theilung in der Endzelle einer Rhizomhyphe, dürfte ebenfalls als Anfang einer adventiven Anlage zu deuten sein.

Fig. 13. Sehr junge Anlage von der Seite.

Fig. 14. Desgleichen von oben.

Fig. 15. Desgleichen, weiter entwickelt.

Fig. 16. Desgleichen von der Seite, im optischen Längsschnitt.

Fig. 17. Schnitt aus der primären Rinde von Fucus vesiculosus, um die Tüpfel in den gallertartig-gequollenen Zellwänden zu zeigen.

Fig. 18. Schema eines ganz jungen Thallus von Laminaria saccharina. e einschichtiger, m mehrschichtiger Theil der Lamina. b Bildungsregion auf der Grenze zwischen Lamina und Stiel. st Stiel; r Rhizom.

Druck von G. Bernstein in Berlin.

Fig. 1.
90/1

Fig. 2.
90/1

Fig. 3.
90/1

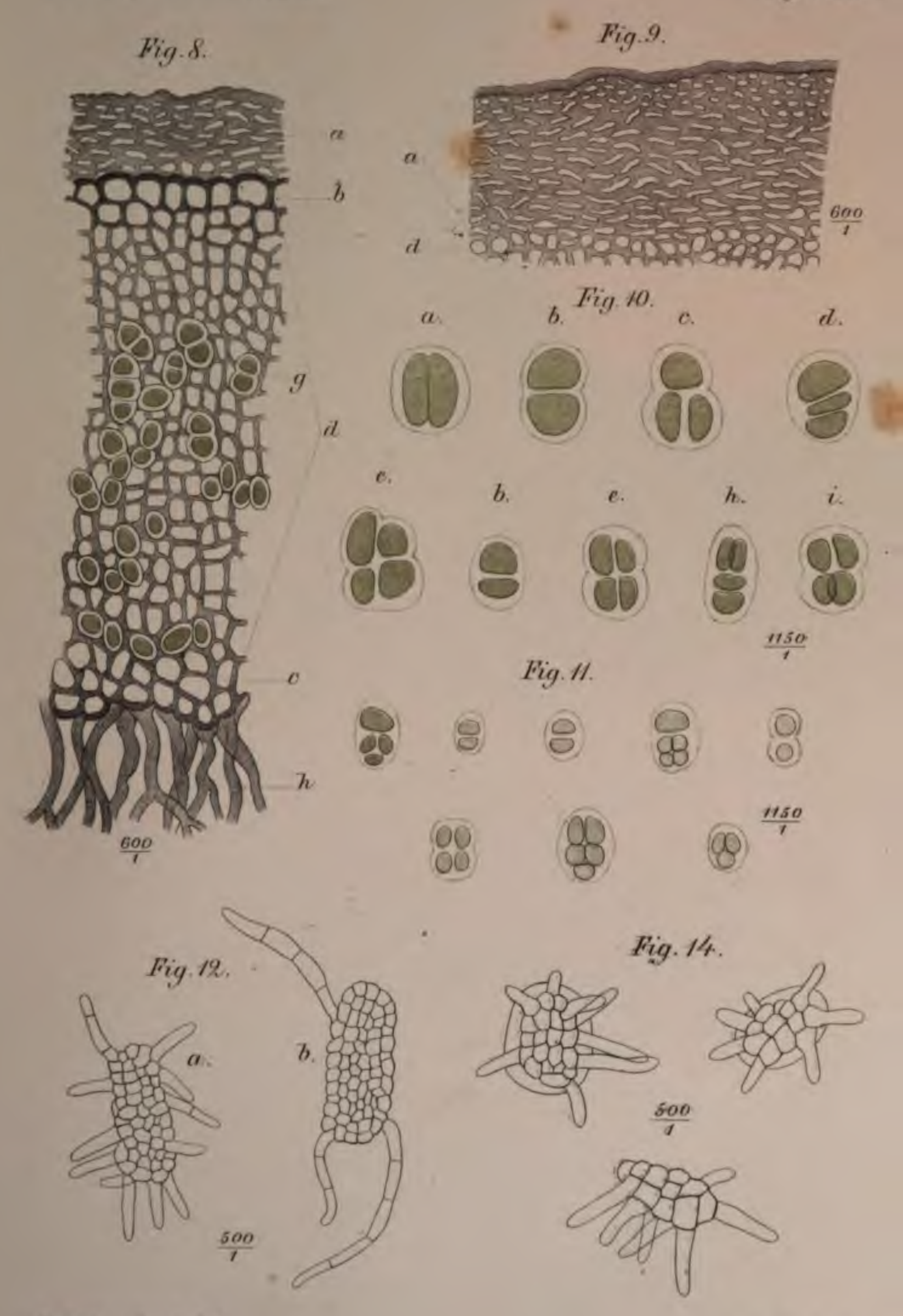
Fig. 4.
170/1

Fig. 5.
st
sp
600/1

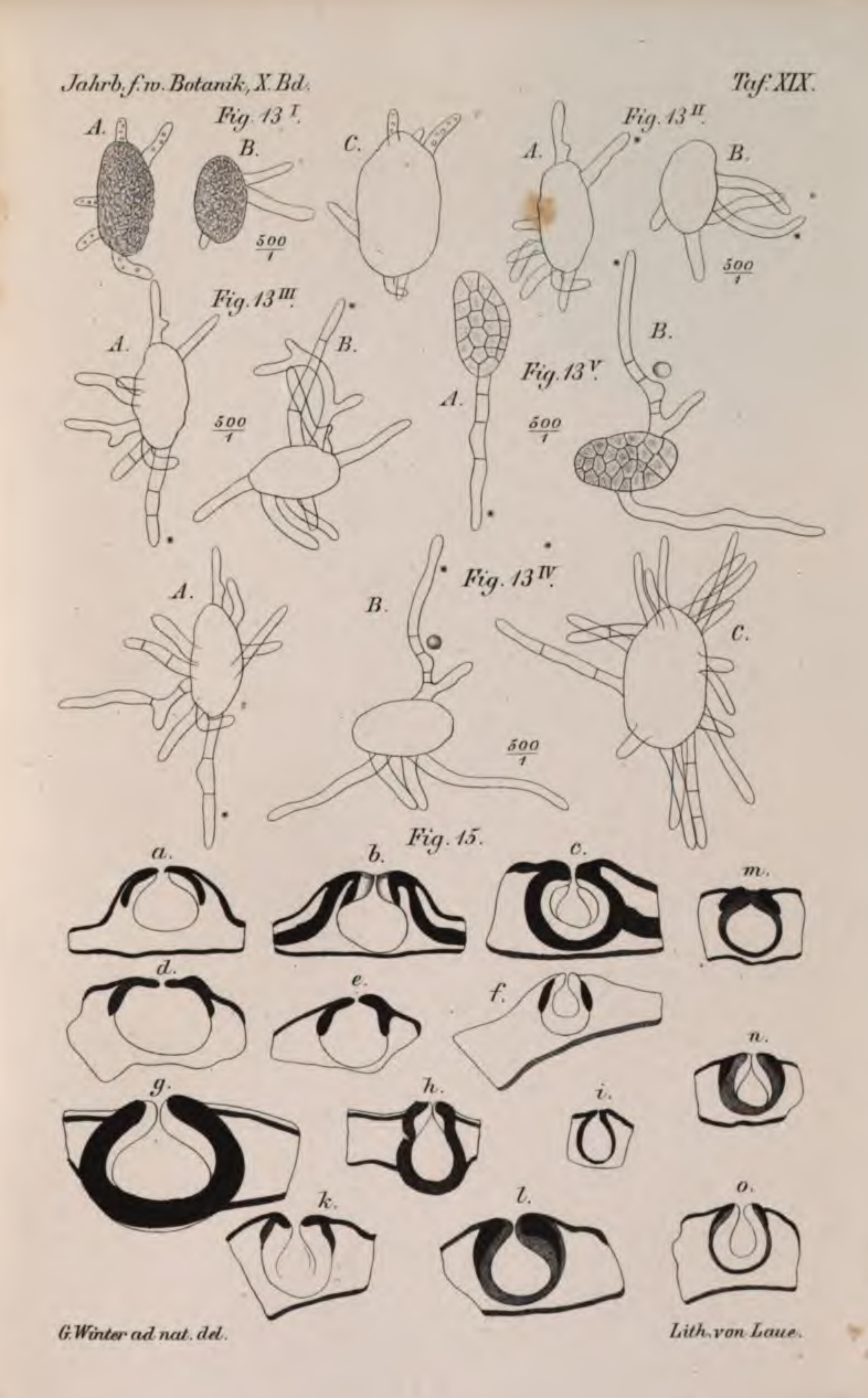
Fig. 6.
g
t
pe
a
p
600/1

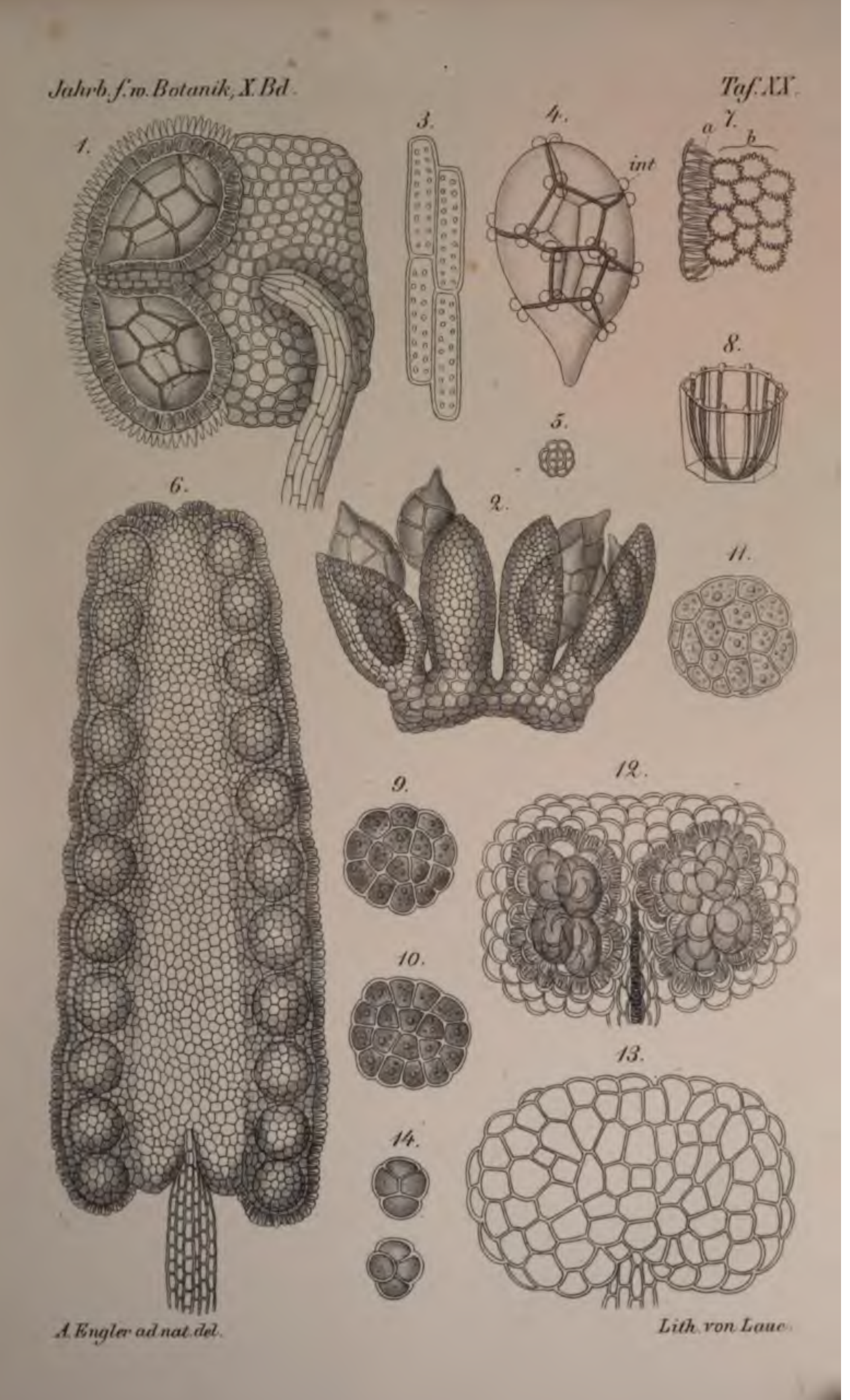
Fig. 7.
a
b
m
c
u
600/1

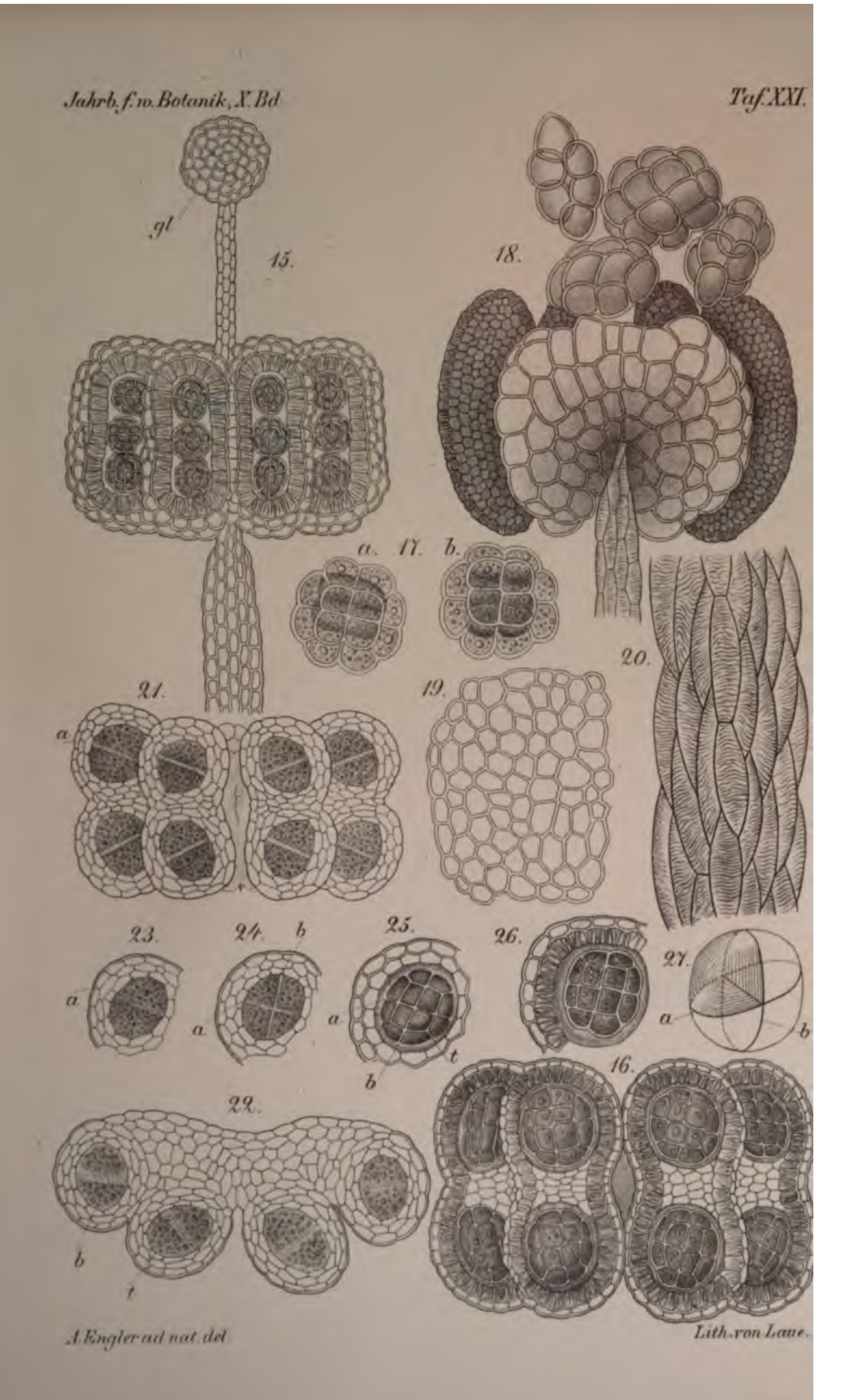
G. Winter ad nat. del. Lith. von Laue.

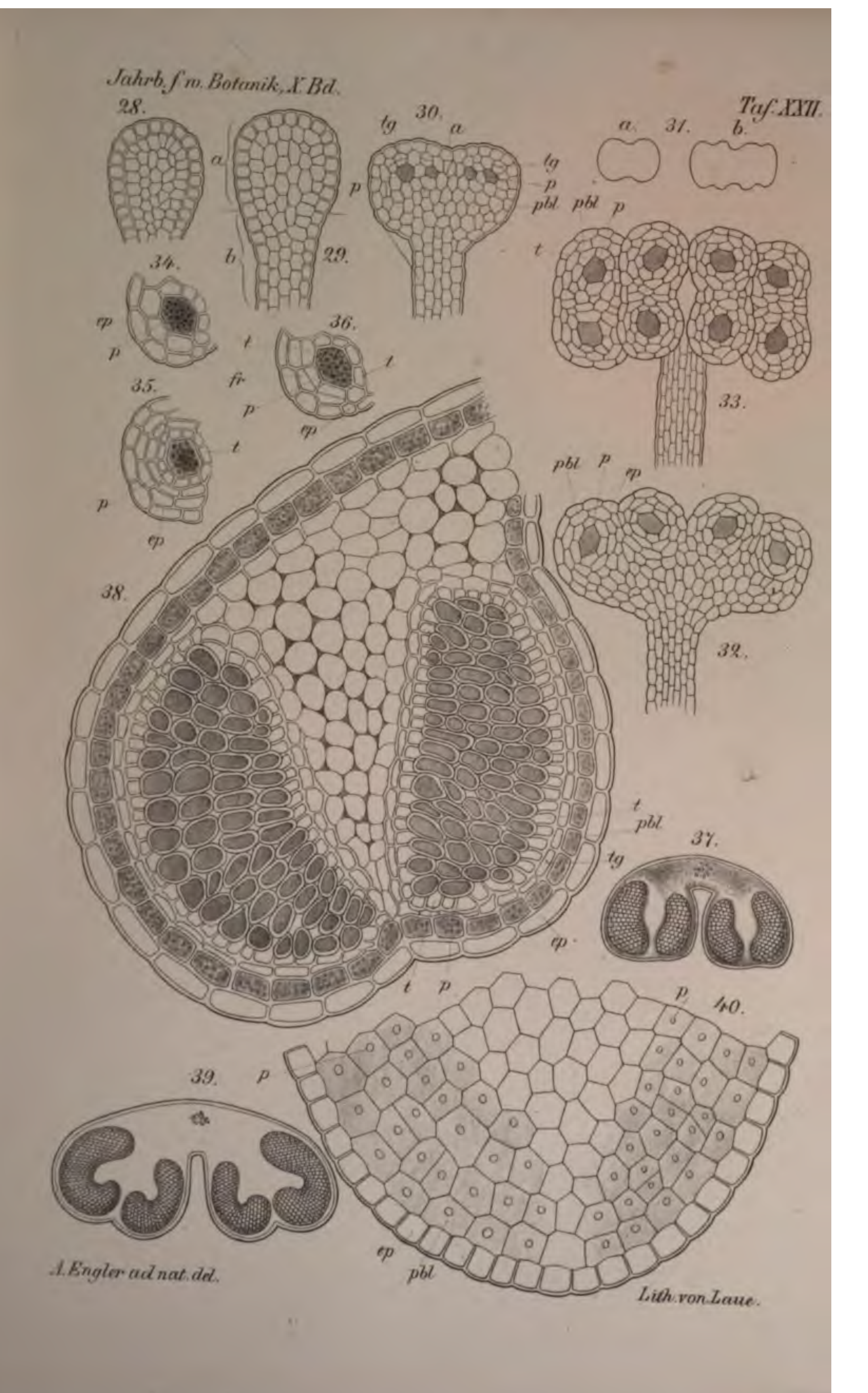


G. Winter ad nat. del. Lith. von Laue.


Jahrb. f. w. Botanik, X. Bd.
Taf. XIX.
Fig. 13 I.
A.
B.
C.
500/1
Fig. 13 II.
A.
B.
500/1
Fig. 13 III.
A.
B.
500/1
Fig. 13 V.
A.
B.
500/1
Fig. 13 IV.
A.
B.
C.
500/1
Fig. 15.
a.
b.
c.
m.
d.
e.
f.
n.
g.
h.
i.
k.
l.
o.
G. Winter ad nat. del.
Lith. von Laue.

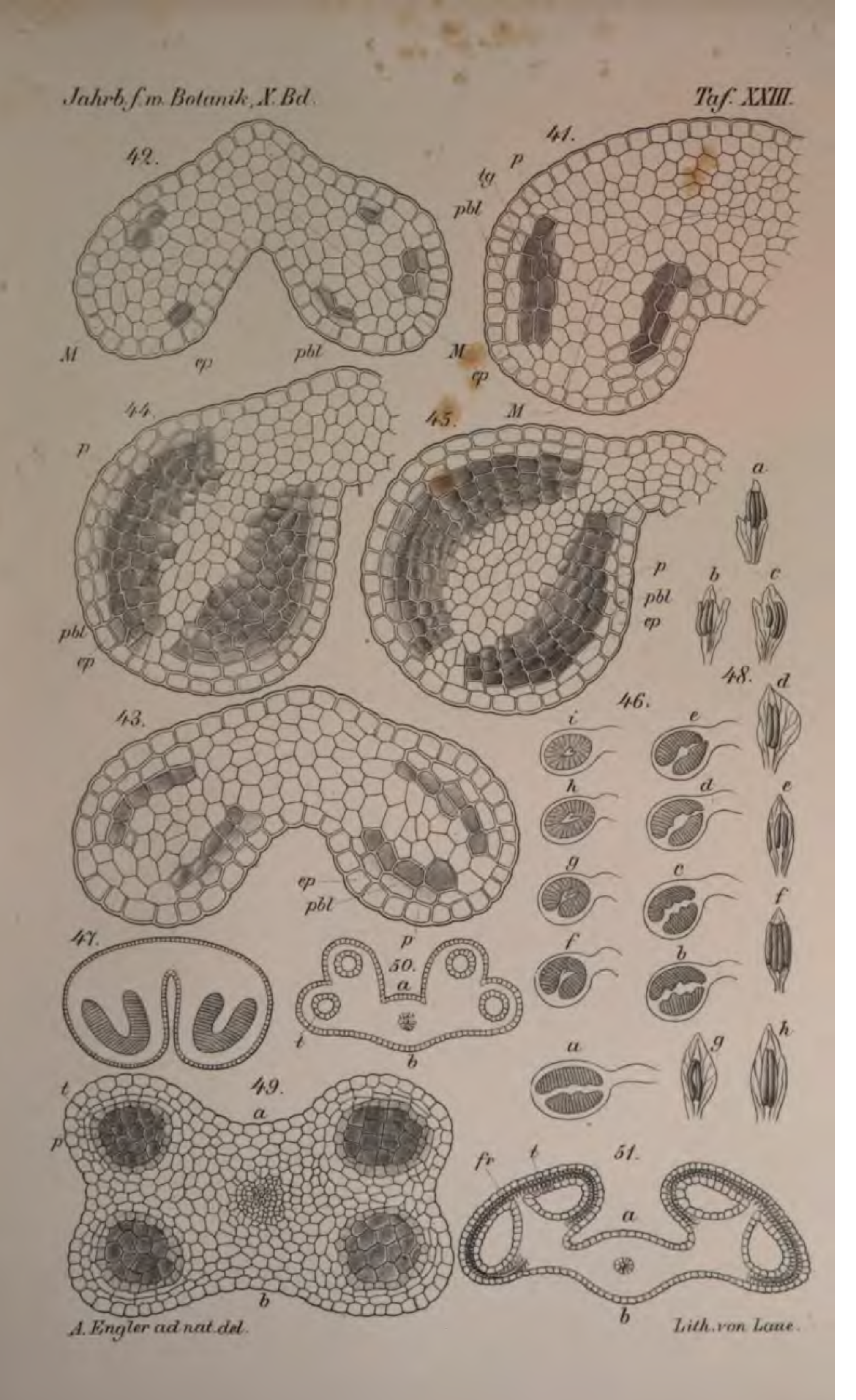

Jahrb. f. w. Botanik, X. Bd.
Taf. XX.
1.
2.
3.
4.
int
5.
6.
7.
a
b
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
A. Engler ad nat. del.
Lith. von Laue.


Jahrb. f. w. Botanik, X. Bd.
Taf. XXI.
gl
15.
18.
a. 17. b.
20.
21.
19.
a
23.
24.
b
25.
26.
27.
a
a
a
t
b
a
b
16.
22.
b
t
A. Engler ad nat. del.
Lith. von Laue.



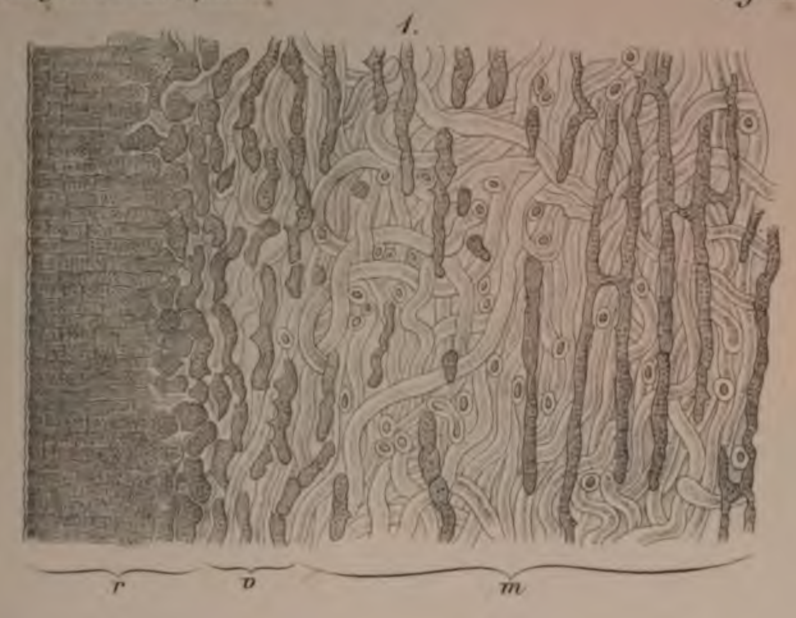
A. Engler ad nat. del.

Lith. von Laue.

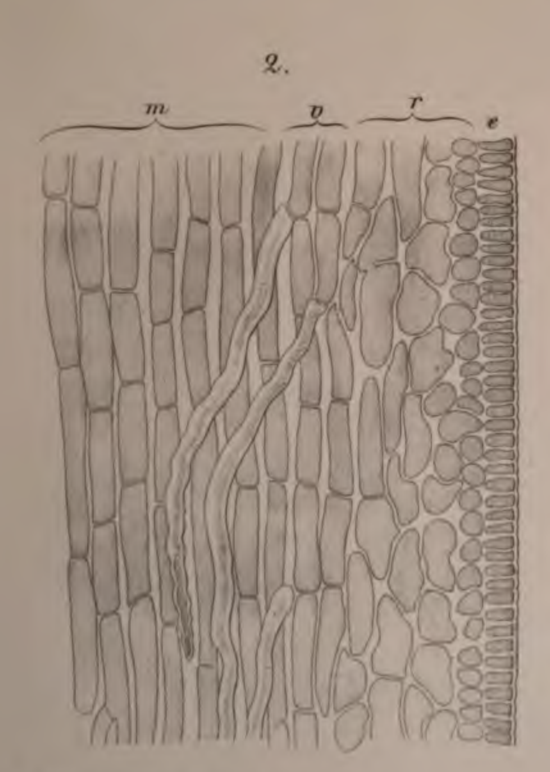

Jahrb. f. w. Botanik, X. Bd.
Taf. XXIII.
42.
41.
p
tg
pbl
M
ep
pbl
M
ep
44.
45.
M
p
a
b
c
p
pbl
ep
pbl
ep
48.
d
43.
46.
i
e
h
d
e
g
c
f
ep
pbl
47.
p
50.
a
f
b
t
b
a
g
h
49.
a
t
p
fr
t
51.
a
b
b
A. Engler ad nat. del.
Lith. von Laue.


Jahrb. f. w. Botanik, X. Bd.
Taf. XXIV.
52.
53.
54.
55 a.
55 b.
55 c.
55 d.
56.
57.
58 a.
58 b.
58 c.
64.
59 a.
59 b.
60.
61.
62.
63.
Engler ad nat. del.
Lith. von Laue.

1.

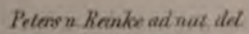


2.

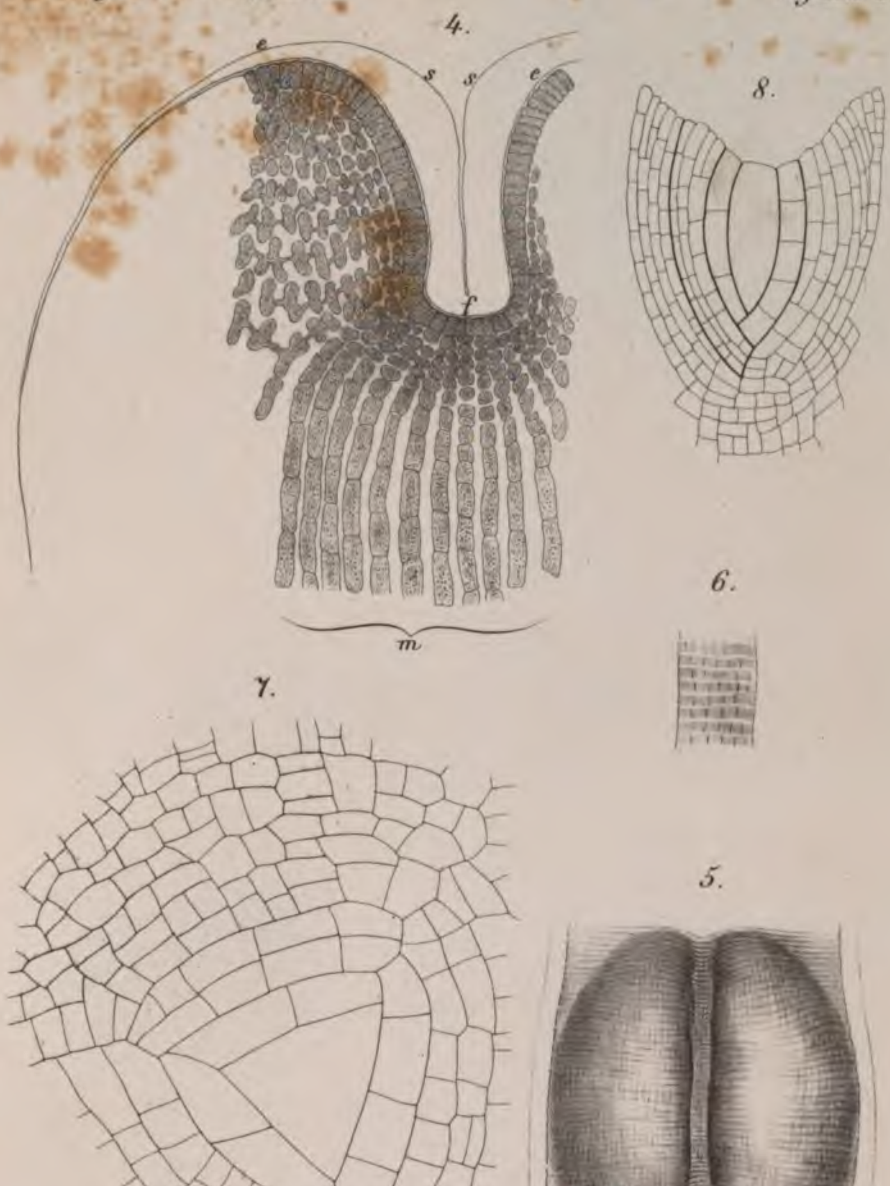


3.





Lith. von Laue



Peters u. Reinke ad nat. del.

Lith. von Laue.



Peters u. Reinke ad nat. del.

Lith. von Laue.

Mikroscopische Unterscheidungsmerkmale
der
typischen Lycoperdaceengenera.

Von

Dr. R. Hesse.

Die Ordnung der Basidiomyceten umfasst die beiden stattlichsten wenngleich nicht formenreichsten Gruppen unter den Pilzen „die Hymenomyceten und Gastromyceten". Beide Gruppen haben aus Hyphen zusammengesetzte, bestimmt gestaltete Fruchtkörper, die die Fortpflanzungsorgane auf einem Hymenium, einer Fruchtschicht entwickeln und zwar in allen Fällen durch Abschnürung auf Basidien. Das beide Gruppen scharf von einander trennende Merkmal liegt im Bau des Fruchtkörpers, speciell in der Anordnung des das Hymenium tragenden Theiles desselben. Bei den Gastromyceten ist der Fruchtkörper durch miteinander anastomosirende Gewebeplatten in eine beträchtliche Anzahl von Kammern getheilt und auf diesen Gewebeplatten in die Höhlung der Kammern hineinragend befindet sich das Hymenium, bei den Hymenomyceten zeigt der Fruchtkörper ein solches Kammersystem niemals, das Hymenium liegt überall an der freien Oberfläche der Lamellen, Röhren, Stacheln etc. In die Gruppe der Gastromyceten nun, von welcher in der Folge allein geredet werden soll, wurden von Elias Fries in seinem Systema Mycologicum und in seiner Summa vegetab. Scandinaviae eine ganze Reihe von Pilzindividuen gestellt, die den Kenntnissen nach, die man heutzutage über dieselben gewonnen, durchaus einen anderen Platz in der Abtheilung der Fungi verdienen. So sind, um nur etliche Beispiele anzuführen, die Tuberei unter den Tuberacei Fries, welche der Gliederung

ihres Fruchtkörpers nach allerdings zu den Gastromyceten gezählt werden müssten, deshalb von ihnen wegzustellen, weil die Art und Weise der Bildung der Fortpflanzungsorgane, wie Tulasne ermittelte, identisch mit der der Ascomyceten ist, so sind die Onygenei unter den Trichodermacei Fries ebenso die Gattung Elaphomyçes unter den Sclerodermei Fries der Art und Weise ihrer Sporenbildung wegen gleichfalls den Ascomyceten zuzurechnen, so hat ferner die von de Bary eruirte Entwickelungsgeschichte der Myxogastres Fries Veranlassung gegeben, dieselben aus der Gemeinschaft der Gastromyceten wegzuweisen und sie an die äusserste Grenze des Pilzreichs oder wohl auch des Thierreichs, eine neue Gruppe die „Myxomyceten" (Mycetozoen) bildend, zu versetzen. Was man als Gattung Polyangium unter den Nidularieen Fries aufgeführt findet, ist, wie ich mich an einem Originalexemplar aus dem Kunze'schen Herbar zu Leipzig, gesammelt von Dittmar, überzeugt habe, wenn überhaupt etwas Pflanzliches, zu den Chytridieen zu stellen, wahrscheinlich ist jedoch, was schon Corda in seinen Jcones fung. anal. ausspricht, dieser „Polyangium" genannte Gegenstand ein Haufen von Insecteneiern. Auch die Gattung Endogone aus den Tuberacei Fries muss aus dem Verbande der Gastromyceten gelöst werden, Berkeley stellt sie zu dem Hyphomyceten, Hoffmann zieht aus nicht zu rechtfertigenden Gründen die Endogone macrocarpa Tul. in den Entwickelungsgang von Hymenogaster Klotschii hinein, nach meinen an Endogone macrocarpa Tul. angestellten Beobachtungen zeigen sich die von Hoffmann als Sporen bezeichneten Organe in einer späteren Zeit ihrer Entwicklung deutlich erfüllt mit scharf umschriebenen Protoplasmaportionen, die als Sporen zu bezeichnen sind, sobald es gelingt, ihre Keimung nachzuweisen, jedenfalls ist es wegen der zur Zeit noch mangelhaften Kenntniss des Entwickelungsverlaufs der Endogonespecies nicht möglich, dieser Gattung einen bestimmten Platz unter den übrigen Pilzen anzuweisen. Zweifelhaft bleibt es noch, ob endlich nach den Untersuchungen von Schmitz (Linnaea XVII 1843 p. 536) und Tulasne die Gattung Cenococcum unter den Cenococcei Fries den Gastromyceten ferner zugerechnet werden darf. Fries verweist Cenococcum in seinem Syst. orb. veget. Add. p. 364 in die Ordnung der Sclerotiacei zwischen Mylitta und Anixia. Etwas später in seinem Syst. Myc. Vol. III. p. 65 stellte er diese Gattung in die Reihe der Trichogasteres aber noch in demselben Werke p. 227 brachte er sie wieder unter die

Myxogasteres. Ich habe zwanzig und mehr Exemplare von Cenococcum geophilum Fr. vor nicht langer Zeit untersucht und konnte auch nicht in einem einzigen Fruchtkörper die Bildung der Sporen auf Basidien beobachten, die Fruchtkörper waren im Innern hohl, ob in Folge einer abnormen Entwickelung wage ich nicht zu entscheiden.

So giebt es also in der Friese'schen Eintheilung der Gastromyceten eine ganze Reihe von Formen, die sich als nicht in diese Gruppe gehörig erwiesen haben, und es ist schon längst das Bedürfniss vorhanden, an Stelle des veralteten Systems von Fries ein neues Platz greifen zu lassen, das auf anderen Principien beruhend mehr den heutigen Kenntnissen dieser Pilzabtheilung entspricht. Zwar haben nach Fries die Gastromyceten bereits eine andere Eintheilung durch Corda in seinen Icones fung. anal. erfahren, aber auch diese trägt ein veraltetes Gewand, seitdem die vortrefflichen Arbeiten Tulasne's, de Bary's und anderer Fungologen in die Oeffentlichkeit gelangt sind. Trotz der Vorzüge aber, welche angesichts der oben aufgeführten Beispiele das neu aufzustellende System vor denen von Fries und Corda voraushaben würde, dürfte dasselbe doch erst dann als ein einigermassen genaues und vollständiges bezeichnet werden, wenn der Entwickelungsgang in allen seinen Phasen bei den einzelnen Species dieser Gruppe eruirt ist.

Wenn man die nicht mehr ganz jugendlichen, schon in der Bildung der Sporen begriffenen Fruchtkörper derjenigen Gastromycetengenera, welche Fries in die Gruppen: Lycoperdei, Sclerodermei, Hymenogastrei etc. gestellt hat, also die Fruchtkörper der Gattungen Lycoperdon, Bovista, Geaster, Tulostoma, Scleroderma, Polyssaccum, Hymenogaster, Octaviania, Melanogaster etc. bezüglich ihres anatomischen Baues untersucht, so zeigen dieselben sämmtlich eine aus meist mehr als einer Gewebsschichte bestehende Wand (Peridium), die vollständig geschlossen die auf der ersten Seite dieser Abhandlung erwähnte gekammerte Gewebemasse „die Gleba" umschliesst, welche letztere aus zwei Theilen, einer Mittelschicht oder Trama und je einer auf beiden Oberflächen der Trama befindlichen Hymenialschichte zusammengesetzt ist.

Zur Zeit der Fruchtkörperreife findet man die in ihrem feineren Bau hier nicht näher zu beschreibende Gleba bei den einzelnen genannten Gruppen und Gattungen entweder vollständig in ihrer Structur erhalten, so z. B. bei den Hymenogastrei (Hymenogaster, Octaviania, Melanogaster etc.) oder aber verändert, so

beispielsweise bei den Gattungen Lycoperdon, Bovista, Geaster, Tulostoma, Scleroderma etc. und zwar derartig, dass die Hymeniumelemente verschwunden und an Stelle der Trama ein eigenthümliches, in seiner Entwickelung noch nicht genau ermitteltes die Sporen umgebendes Haargeflecht (Capillitium) oder doch wenigstens Reste eines solchen (Tramareste) vorhanden sind. Auf Grund dieser Thatsache könnte man, wenn man die von Elias Fries als Lycoperdei, Sclerodermei, Hymenogastrei etc. aufgeführten Gruppen mit ihren Gattungen, soweit dieselben den Gastromyceten angehören, in Eine Famlie, etwa in die Familie der Lycoperdaceen zusammenfasste, innerhalb dieser Familie zwei Gruppen:

1) typische Lycoperdaceen und

2) nicht typische Lycoperdaceen oder Hymenogastreen

unterscheiden. An die Familie der Lycoperdaceen schlösse sich dann die der Nidularieen und die der Phalloideae an, so dass die ganze Abtheilung der Gastromyceten in die 3 Familien:

A. Lycoperdaceen

B. Nidularieen und

C. Phalloideen

zerfiele. Ohne auf die weitere Eintheilung der Nidularieen und Phalloideen an dieser Stelle eingehen zu wollen, gliederten sich dann die Lycoperdaceen wie folgt:

A. Lycoperdaceen

a. typische Lycoperdaceen, die zur Zeit der Reife des Fruchtkörpers ein deutlich entwickeltes Capillitium oder doch wenigstens Reste eines solchen besitzen.

1) Gattung Bovista Dill.
2) " Lycoperdon Tournef.
3) " Tulostoma Pers.
4) " Schizostoma Ehrenb.
5) " Geaster Mich.
6) " Polysaccum Dec.
7) " Mycenastrum Desv.
8) " Podaxon Berk.
9) " Cauloglossum Grev.
10) " Phellorinia Berk?
11) " Mitremyces Nees.
12) " Scleroderma Pers.
13) " Batarrea Pers.
14) " etc. etc.

b. nicht typische Lycoperdaceen (Hymenogastreen), die zur Zeit der Reife des Fruchtkörpers ohne Capillitium sind.

1) Gattung Hymenogaster Vitt.
2) „ Gautieria Vitt.
3) „ Hydnangium Wallr.
4) „ Octaviania Corda.
5) „ Hysterangium Vitt.
6) „ Rhizopogon Tul.
7) „ Melanogaster Corda
8) „ etc. etc.

Bei den typischen Lycoperdaceen findet man also den Fruchtkörper zur Zeit der Reife mit einem eigenthümlichen Haargeflecht „Capillitium“ und mit zahllosen Sporen angefüllt, während bei den nicht typischen Lycoperdaceen der Fruchtkörper zur Zeit der Reife die Sporen innerhalb seiner noch bestehenden Kammern eingeschlossen enthält. Es kann darum das Fehlen oder Vorhandensein des Capillitiums zur Zeit der Fruchtkörperreife ein ganz vorzügliches Unterscheidungsmerkmal zwischen den einzelnen Gattungen innerhalb der Lycoperdaceenfamilie überhaupt liefern, aber nicht das allein, das Capillitium ist bei denjenigen Lycoperdaceengenera, wo es vorhanden ist, in einer für die einzelnen Gattungen ganz bestimmten Gestalt, Structur, vorhanden, und darum kann seine Structurbeschaffenheit etc. wiederum als Unterscheidungsmerkmal für die einzelnen Gattungen der typischen Lycoperdaceen gelten, ja endlich liefert in vielen wenn auch nicht in allen Fällen das Capillitium ein sicheres Unterscheidungsmerkmal zwischen den einzelnen Arten einer Gattung der typischen Lycoperdaceen. Schon Prof. de Bary macht in seinem vorzüglichen Werke „Morphologie und Entwickelungsgeschichte der Pilze, Flechten und Myxomyceten“ p. 77, darauf aufmerksam, dass die Capillitiumfasern nach Gattungen und Arten bei den typischen Gastromyceten, welche Fries in die Gruppen „Lycoperdines“, Sclerodermei etc. stellt, durchaus verschieden wären und darum zur Unterscheidung der einzelnen Gattungen und Arten vortrefflich benutzt werden könnten. Wenn man nur ein einziges Mal die Capillitiumfasern verschiedener Gattungen der oben sub A, a aufgeführten Lycoperdaceen unter dem Mikroscop mit Aufmerksamkeit beobachtet hat, kann man zu jeder Zeit an einer einzigen Capillitiumfaser die Gattung wieder erkennen, welcher diese Faser angehört und zwar mit einer unfehlbaren Gewissheit. Dieses ist Grund genug, das Capillitium als

Unterscheidungsmerkmal zwischen den einzelnen Gattungen der typischen Lycoperdaceen zu benutzen. Früher unterschied man die Gattungen Lycoperdon, Bovista, Scleroderma etc. nach Beschaffenheit der Consistenz der Peridie des Fruchtkörpers, nach Gestalt, Grösse und Farbe des Fruchtkörpers, nach Gestalt und Farbe der Sporen etc., und innerhalb dieser Gattungen wurden wiederum auch die Arten nach diesen und ähnlichen Merkmalen unterschieden. Besonders war es Elias Fries, der auf diese Merkmale grossen Werth legte, aber auch andere, spätere Autoren wählten sie zur Unterscheidung. So führt Bonorden in der botanischen Zeitung 1857 p. 593, nachdem er die Gattungen Lycoperdon und Bovista dadurch auseinander zu halten versucht hat, dass bei der Gattung Lycoperdon im Fruchtkörper ein fruchtbares und steriles Markgewebe durch eine Grenzwand geschieden sei, während bei der Gattung Bovista keine Grenzlinie und kein steriles Markgewebe angetroffen würde, als Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Lycoperdonarten des Gestieltsein oder Nichtgestieltsein der Sporen, die rauhe oder glatte Beschaffenheit der Peridie des Fruchtkörpers, die verschiedene Gestalt des letzteren etc. auf. Alle diese Merkmale können wol mit zur Unterscheidung der einzelnen Arten innerhalb einer Gattung der typischen Lycoperdaceen dienen, aber sie sind keineswegs nur im Entferntesten so zweckmässig und brauchbar als das Capillitium, insbesondere wenn es sich darum handelt, die Gattungen auseinanderzuhalten. Die nunmehr folgende Beschreibung der Capillitiumfasern der Fruchtkörper der einzelnen oben sub A, a aufgeführten Lycoperdaceengattungen wird diesen Ausspruch im vollsten Masse rechtfertigen.

1. Gattung Bovista Dill.

Das Capillitium der Gattung Bovista Dill. besteht aus stets einzelligen, isolirbaren, hell- bis dunkelbraun gefärbten Fasern, an denen man immer ein dickes, kurzes Stammstück unterscheidet (Fig. 1. a), von welchem aus nach mehreren Richtungen hin Zweige ausstrahlen. Diese Zweige endigen entweder sofort dichotomisch oder sie sind in dichotomische Stücke getheilt, die ihrerseits dichotomisch endigen (oder auch erst wieder in dichotomische Abschnitte sich gegliedert zeigen). Jede einzelne Bovistafaser besteht demnach aus einem kurzen Stammstück mit durchschnittlich drei bis viermal dichotom getheilten Aesten. Mit der Entfernung

vom Stammstück nimmt die Dicke der Aeste ab, ihre Länge in der Regel zu. Die dichotomischen Endigungen, welche bei ihrem Anblick an das Geweih eines Hirsches erinnern, sind fein ausgezogen aber nicht in einem Grade wie die Enden einer Faser von Geaster coliformis Pers. oder die mancher Lycoperdonspecies z. B. die von Lycoperdon pyriforme Schaeff. Die Membran der Capillitiumfaser der Gattung Bovista ist bedeutend verdickt aber an keiner Stelle bis zum Verschwinden des Lumens; locale Unterbrechungen in der Verdickung der Membran, also Tüpfel sind nirgends vorhanden. Manche Capillitiumfaser der Gattung Bovista lässt am Hauptstamm oder an den Auszweigungen desselben ihre frühere Ansatzstelle an eine andere Faser in Form eines Aststumpfes (Fig. 1 b) noch deutlich erkennen.

Zur Untersuchung des Capillitiums dieser Gattung dienten zahlreiche reife Fruchtkörper von Bovista nigrescens, Bovista plumbea Pers. und von mehreren exotischen Species.

2. Gattung Lycoperdon Tournef.

Das Capillitium dieser an Arten so reichen Gattung wird gebildet aus isolirbaren, hellgelb bis dunkelbraun gefärbten, meist verzweigten, septirten oder querwandlosen, vielfach gebogenen und gekrümmten Hyphen, die in keinem Falle einen kurzen, dicken Hauptstamm wie die Capillitiumfasern der Gattung Bovista unterscheiden lassen, sondern in ihrer Länge nahezu gleich dick erscheinen und nur an ihren Enden allmählig fein auslaufen (Fig. 2). Nur bei Lycoperdon giganteum L., Lycoperdon Bovista L. und einigen anderen meist exotischen Species dieser Gattung besteht das Capillitium in dem reifen Fruchtkörper nicht aus Fasern sondern aus septirten oder unseptirten Faserstücken, aus Fragmenten (Fig. 3.), die sich bei dem Erweichungsprocess des reifenden Fruchtkörpers aus dem die Gleba constituirenden Fasergeflecht gebildet haben. Wo die Verzweigung an einer Lycoperdonfaser sich vorfindet, ist sie eine unregelmässige; bald alternirende bald opponirte Aeste zweigen sich von dem langgestreckten Faserkörper ab und diese erscheinen meist wiederum langgestreckt und verzweigt. Dichotomische Endigungen der Nebenäste finden sich bei Fasern der verschiedensten Lycoperdonspecies vor, sie sind vielfach haarfein ausgezogen und fast in allen Fällen etwas gekrümmt; doch giebt es auch Lycoperdonspecies, deren Capillitiumfasern keine

dichotomischen Endigungen aufzuweisen haben, z. B. Lycoperdon perlatum Pers. Die Membran der Lycoperdonfaser ist stets verdickt und häufig finden sich in der verdickten Masse Tüpfel vor, die den Capillitiumfasern aller bisher von mir untersuchten Gattungen der Lycoperdaceen fehlen. Als Beispiele deutlich getüpfelter Membranen sind die der Capillitiumfasern von Lycoperdon constellatum Fr., Lycoperdon pyriforme Schaeff., L. gemmatum Batsch., L. pusillum Batsch. (Fig. 2 a) und L. utriforme Bull. zu erwähnen. Querwände zeigen besonders schön die Capillitiumreste von Lycoperdon giganteum L., ferner die Capillitiumfasern von Lycoperdon Bovista L. und vieler exotischer Species. Wie das Capillitium der meisten Lycoperdaceengenera zeigt sich auch das der Gattung Lycoperdon aus zweierlei Elementen zusammengesetzt, einmal aus weiten Röhren und dann aus engeren, dickwandigen Hyphen, die aber bezüglich ihrer Färbung, Verzweigung etc. mit einander übereinstimmen.

Zur Untersuchung des Capillitiums dienten ausser einer grosssen Zahl exotischer dem Kunze'schen Herbar zu Leipzig entnommenen Lycoperdonspecies folgende einheimische Arten: „Lycoperdon giganteum L., L. Bovista L., Lycoperdon perlatum Pers., L. constellatum Fr., L. pusillum Batsch., L. utriforme Bull., L. pyriforme Schaeff., L. gemmatum Batsch.

3. Gattung Tulostoma Pers.

Das dem Capillitium von Geaster hygrometricus Pers. noch am meisten ähnlich sehende Fasergeflecht der Gattung Tulostoma Pers. zeigt sich gebildet aus schmutzig-weissen bis gelblich gefärbten, vielfach und eigenthümlich verschrobenen und gewundenen, hie und da mit Querwänden versehenen, stets verzweigten Fäden (Fig. 4 u. 5), welche niemals haarfein auslaufen, sondern entweder fast rechtwinkelig an ihren Enden abgestumpft sind, oder mit einer mehr oder weniger deutlich ausgeprägten, keulenförmigen Anschwellung enden. Queranastomosen (Fig. 4 a) findet man in den Capillitiumfasern aller Tulostomaspecies, aber bei einigen in solcher Menge, dass es schwierig wird, den Anfang und das Ende einer einzelnen Faser aufzufinden; insbesondere ist dieses der Fall bei dem Capillitium von Tulostoma fimbriatum Fr., welches wie das Capillitium von Geaster hygrometricus Pers. ein auf weite Strecken zusammenhängendes Geflecht, ein Netzwerk darstellt, und das des-

halb behufs der Untersuchung unter dem Mikroscop gewaltsam in einzelne Fragmente zerrissen werden muss. Leichter isolirbar sind die Fasern von Tulostoma mammosum Fr. (Fig. 5), einer Species, die bezüglich ihres Capillitiums von den untersuchten Arten dieser Gattung hauptsächlich dadurch differirt, dass die verdickten Anschwellungen, die Verbindungsknoten (Fig. 4, b. b) im Längsverlaufe der Fasern fehlen, welche dem Capillitium dieser Gattung ein sehr characteristisches Aussehen verleihen und ein vortreffliches Unterscheidungsmerkmal von den Capillitiumfasern der übrigen Lycoperdaceengattungen gewähren. Eine für das Capillitium aller Tulostomaspecies sich realisirende Thatsache ist das Vorkommen von spaltenförmigen Hohlräumen im Innern der Capillitiumfasern (Fig. 4 u. 5, c. c); diese Hohlräume entstehen dadurch, dass die Membran der Faser, welche sich stets verdickt aber nicht geschichtet zeigt, an einzelnen Stellen sich bis zum vollständigen Verschwinden des Lumens verdickt, während eine so weit gehende Verdickung an benachbarten Stellen unterbleibt. Tüpfel zeigen die Capillitiumfasern dieser Gattung niemals.

Material zur Untersuchung lieferten zahlreiche Fruchtkörper von Tulostoma mammosum Fr., T. fimbriatum Fr., T. brumale DC und von einer exotischen, am Cap der guten Hoffnung gesammelten Art.

4. Gattung Schizostoma Ehrenb.

Die nicht zusammenhängenden und daher isolirbaren Capillitiumfasern der Gattung Schizostoma Ehrenb., von welcher bisher wol nur eine Species bekannt geworden ist, sind von sehr verschiedener Länge und Breite (Fig. 6). Kurze, dünne, unscheinbare Fasern wechseln mit mehr breiten, langen Fasern ab, abgesehen davon, dass das Capillitium wie das der meisten Lycoperdaceen aus zweierlei Elementen aus breiten Röhren und aus dünnen, dickwandigen Fasern zusammengesetzt ist. Ebenso veriabel als die Dicke und Länge der Fasern ist ihre Art und Weise der Verzweigung. Bald ist dieselbe alternirend, bald nur nach einer Seite vorhanden, und auch die dichotomische Verzweigung findet sich vielfach vor. Die Aeste sind meist kürzer als der wellenförmig geschlängelte Stammtheil der Faser und zeigen häufig wie auch der Stammtheil selbst eine mehr oder weniger deutlich hervortretende bauchige oder kugelige Anschwellung in ihrem Verlaufe (Fig. 6, a). Durch die Art

und Weise der Verzweigung sowie durch die welligen Krümmungen und localen Anschwellungen der Capillitiumfasern dieser Gattung erscheinen dieselben in den verschiedensten Figuren, bald stellen sie sternförmige Gebilde dar (Fig. 6, f), bald langgestielte zwei oder mehr zinkige Gabeln (Fig. 6 z), bald schlangenähnliche Figuren etc. Die Fasern sind niemals septirt also stets einzellig, laufen an ihren Enden niemals fein aus sondern endigen stumpf, oft knopfförmig und zeigen aus einem reifen Fruchtkörper entnommen eine dunkelgelbe bis rothbraune Färbung. Die Membran der einzelnen Capillitiumfaser ist nicht nur verdickt sondern auch deutlich geschichtet, doch ist die Verdickung der Membran bis zum Verschwinden des Lumens an keiner Stelle der Faser sichtbar; Tüpfel sind nirgends vorhanden. Die Capillitiumfasern dieser noch nicht beschriebenen Gattung „Schizostoma“ lassen bezüglich ihrer Structur und Form selbst der Phantasie keinen Raum, unter den Fasern der übrigen Lycoperdaceenspecies ihnen ähnliche ausfindig zu machen.

Das Capillitiummaterial lieferten mir einige reife Fruchtkörper von Schizostoma laceratum Fr., welche Dr. Schweinfurth von seiner zweiten Reise aus Africa mitgebracht hatte.

5. Gattung Geaster Mich.

Mit Ausnahme des Capillitiums von Geaster hygrometricus Pers., welches im reifen Fruchtkörper ein Netz darstellt, besteht das Capillitium dieser Gattung aus isolirbaren, schmutzig-weissen bis bräunlich gefärbten, nur selten verzweigten Fasern von meist spindelförmiger Gestalt, deren Membran fast bis zum Schwinden des Lumens verdickt ist. Die Fasern sind vielfach haarfein ausgezogen und besonders gilt dieses für die kurzen Capillitiumfasern von Geaster coliformis Pers. (Fig. 7). Querwände sind selten, Tüpfel niemals vorhanden. Viele Geasterspecies haben lange, gewundene und verschlungene Capillitiumfasern, z. B. Geaster mammosus Fr., G. limbatus Fr., G. Cesatii Rabenh., G. tunicatus Vitt. etc., dagegen zeigt, wie schon erwähnt, Geaster hygrometricus Pers. als Capillitium ein der inneren Peridie des Fruchtkörpers angewachsenes, zusammenhängendes Netz, gebildet aus reich verzweigten, mit ihren etwas angeschwollenen Enden fest verwachsenen Fasern, die aber durch die schmutzig-weisse Farbe und besonders durch die starke Verdickung ihrer Membran als Geasterfasern sich sofort legitimiren (Fig. 8). Bei keiner Geasterspecies weiter habe

ich ein solches Netz im Fruchtkörper vorgefunden, es scheint also Geaster hygrometricus Pers. durch diese seine netzförmige Capillitiumstructur von allen übrigen Geasterformen sich wesentlich zu unterscheiden. Die bis zum Schwinden des Lumens verdickte Membran der Geasterfaser zeigt niemals Schichtung.

Capillitiummaterial lieferten die reifen Fruchtkörper von Geaster hygrometricus Pers., G. coliformis Pers., G. mammosus Fr., G. tunicatus Vitt., G. limbatus Fr., G. Cesatii Rabenh. und von vielen exotischen Species.

6. Gattung Polysaccum Dec.

Bei dieser Gattung ist ein deutlich entwickeltes Capillitium im reifen Fruchtkörper nicht vorhanden. Die rothbraune staubige Masse, welche die einzelnen von einer besonderen Wand (Peridiolum) gebildeten Kammern des Fruchtkörpers einschliessen, besteht unter dem Mikroscop betrachtet aus Sporen und structurlosen, darum nicht näher zu beschreibenden Hyphenresten (Fig. 9). Zu Folge des Fehlens eines deutlich entwickelten Capillitiums bildet diese Gattung mit der noch zu beschreibenden Gattung Scleroderma Fr. und vielleicht auch mit der Gattung Phellorinia Berk. gewissermassen den Uebergang von den typischen Lycoperdaceen zu den Hymenogastreen, bei denen wie in der Einleitung dieser Abhandlung angegeben wurde, ein Capillitium nicht angetroffen wird, weil die Gleba ihre anfängliche Structur bis zur vollständigen Fruchtkörperreife beibehält.

Einige reife Fruchtkörper von Polysaccum crassipes und P. tuberosum Fr. aus dem Kunze'schen Herbar lieferten das Untersuchungsmaterial.

7. Gattung Mycenastrum Desv.

Ein höchst eigenthümliches keinem Capillitium einer anderen Gattung unter den Lycoperdaceen nur entfernt ähnlich sehendes Fasergeflecht besitzt die an Arten arme Gattung Mycenastrum Desv. Es besteht aus kurzen, breiten, isolirbaren, meist einzelligen Fasern mit einem Hauptstamm, der entweder spindelförmig ist oder an dem einen Ende zugespitzt erscheint während das andere in zwei spitze Gabeläste sich spaltet oder endlich, und das ist wol der häufigste Fall, an beiden Enden kurze Gabeläste (Fig. 11) auf-

weist. Relativ selten kommt es vor, dass auch noch an einer anderen Stelle des Hauptstammes als an seinen Enden ein starker Nebenast sich abzweigt. An dem Hauptstamm besonders aber an den Gabelästen desselben finden sich weitere Verzweigungen in Form kleiner, unregelmässig angeordneter, sehr characteristischer Austreibungen vor (Fig. 11, a. a), so dass die Faser wie mit kleinen Stacheln besetzt erscheint. Die Membran der Capillitiumfaser ist deutlich verdickt aber es setzt sich die Verdickung nicht bis in die Stacheln fort, letztere erscheinen daher viel heller und durchsichtiger bei der mikroscopischen Untersuchung. — Die meist einzelligen Fasern der Gattung Mycenastrum Desv. haben ein ungemein zierliches Aussehen und entnommen aus einem reifen Fruchtkörper zeigen sie sich mehr oder weniger dunkelbraun gefärbt.

Capillitiummaterial lieferte mir die in Russland sehr verbreitete stattliche Species „Mycenastrum Corium Desv.“

8. Gattung Podaxon Berk.

Das Capillitium der Gattung Podaxon Berk. besteht aus ungemein langen, vielfach gewundenen, breiten, bandförmigen Fasern, deren Anfang und Ende resp. deren etwaige frühere Ansatzstelle an die Peridie oder an eine andere Capillitiumfaser ausfindig zu machen kaum möglich ist. Was man als Untersuchungsobject von dem Capillitium aus dem reifen Fruchtkörper dieser Gattung auf einen Objectträger bringt, stellt immer nur einen Theil einer oder einiger Fasern vor und ein solches Bruchstück einer Faser ist wie schon gesagt ein langes, vielfach gewundenes und verschlungenes Band, hell- bis dunkelbraun oder auch röthlich gefärbt und mit einer Membran versehen, die nicht nur verdickt sondern auch deutlich geschichtet ist (Fig. 12). Tüpfel sind nicht zu sehen und Querwände nur selten vorhanden. Ganz besonders ist noch hervorzuheben, dass vielleicht alle Capillitiumfasern dieser Gattung eine spiralige Streifung ihrer Membran zeigen, ganz ähnlich derjenigen, wie man sie bei den Holzzellen vieler phanerogamen Gewächse beobachtet (Fig. 12). Besonders deutlich ist diese Streifung an den Capillitiumfasern von Podaxon carcinomatis L. zu sehen. In Richtung der Streifen zerreisst die Membran leicht zu einem spiraligen Bande (Fig. 12, a).

Einige reife Fruchtkörper mehrerer Podaxonspecies gesammelt am Cap und aufbewahrt in dem Kunze'schen Herbar lieferten mir das Capillitiummaterial.

9) Gattung Cauloglossum Grev.

Wie das Capillitium der Gattung Podaxon Berk. besteht auch das der Gattung Cauloglossum Grev. aus unverzweigten bandförmigen Fasern, die vielfach gewunden, gedreht und verschlungen den Fruchtkörper in Gemeinschaft mit den Sporen ausfüllen. Auch hier hat man bei der mikroscopischen Untersuchung des Capillitiums nur Theile einer oder einiger weniger Fasern vor sich, an denen man eine etwaige frühere Ansatzstelle an die Peridie, Columella oder an eine andere Capillitiumfaser nicht entdecken kann. Die Fasern sind dunkelbraun gefärbt und mit einer Membran versehen, die verdickt und deutlich geschichtet ist (Fig. 13). Spiralbänder wie bei der Gattung Podaxon Berk. sind nicht vorhanden, wie denn überhaupt, soweit meine Untersuchungen reichen, die spiralige Streifung der Capillitiumfasermembranen nur bei dieser einzigen Gattung der Lycoperdaceen angetroffen wird. Querwände in den langen, bandförmigen Capillitiumfasern der Gattung Cauloglossum Grev. kommen vor, doch sind dieselben im Allgemeinen sehr selten.

Das Capillitiummaterial lieferten Fruchtkörper einer am Cap gesammelten nicht näher zu bestimmenden Species aus dem Kunze-schen Herbar zu Leipzig.

10. Gattung Phellorinia Berk?

Es scheint als ob bei der Gattung Phellorinia Berk. ein eigentliches Capillitium innerhalb des reifen Fruchtkörpers nicht vorhanden ist, wenigstens vermochte ich bei der Untersuchung des Fruchtkörpers von Phellorinia inquinans Berk. ein solches nicht zu entdecken. Die Peridie, von holziger Consistenz, umgab bei dem alten, unvollständigen, mir zur Untersuchung dienenden Exemplar eine grosse Zahl kleiner, gelblich gefärbter Sporen, zwischen welchen weder ein Capillitiumnetz, noch einzelne Capillitiumfasern, noch auch nur Capillitiumreste ausfindig gemacht werden konnten. Es muss darum späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, über das Fehlen oder Vorhandensein eines Capillitiums innerhalb des reifen Fruchtkörpers dieser Gattung zu entscheiden, welche ich nur mit einem Fragezeichen in die Reihe der typischen Lycoperdaceen aufnehmen konnte.

11. Gattung Mitremyces Nees.

In dem Fruchtkörper dieser Gattung findet man nur eine einzige Art äusserst zarter Capillitiumelemente vor, die vielfach verwirrt, mit einander verschlungen und darum besonders aber auch wegen ihrer äusserst zarten Structur nicht leicht zu isoliren sind. Es sind dünne, farblose, mit einer gallertigen Membran versehene Fasern, die mit den Hyphen, aus welchen die innere Peridie des Fruchtkörpers sich gebildet zeigt, bezüglich ihrer Structur grosse Aehnlichkeit haben. Die Gattung Mitremyces Nees. besitzt von den bis jetzt von mir untersuchten Lycoperdaceengattungen das zarteste Capillitium, wie denn auch der ganze Fruchtkörper dieser Gattung im Allgemeinen aus einem zarten Gallertgewebe aufgebaut ist. Es erinnert das Capillitium (Fig. 14) von Mitremyces Nees. etwas an das Capilliumnetz von Geaster hygrometricus Pers., doch zeigt letzteres nicht eine solche gallertige Beschaffenheit der Membran und besteht aus Fasern, die bis zum Schwinden des Lumens verdickte Membranen aufweisen.

Einige Fruchtkörper der Species Mitremyces lutescens Schwein. von Carolina stammend lieferten mir das Capillitiummaterial.

12. Gattung Scleroderma Pers.

Wie bei der Gattung Polysaccum Dec. findet man auch bei dieser in dem reifen Fruchtkörper ein deutlich entwickeltes Capillitium nicht vor. Zur Zeit, wenn die Sporen anfangen reif zu werden, zeigt der Fruchtkörper innerhalb der Peridie ein vertrocknetes, mürbes Netzwerk — die restirende Trama — und im vollständig reifen Fruchtkörper ist das Netzwerk verschwunden, eine dunkelgefärbte, staubige Masse füllt das Innere des Fruchtkörpers aus, die unter dem Mikroscop sich bestehend zeigt aus Sporen und kurzen Hyphenresten, welchen letzteren jegliche Structur abgeht (Fig. 15). Diese Reste sind farblos, liegen regellos neben- und durcheinander und ihre Structurlosigkeit verbietet jede Beschreibung.

Als Material zur Untersuchung dienten zahlreiche Fruchtkörper von Scleroderma vulgare Fr. und Scleroderma verrucosum Pers.

13. Gattung Batarrea Pers.

Aus zweierlei grundverschiedenen Hyphenelementen zeigt sich das Capillitium der exotischen Gattung Batarrea Pers. gebildet.

Einmal finden sich breite, gedrungene, einzellige Fasern mit deutlich spiralig verdickter Membran vor (Fig. 16 a) und dann zarte in Flocken beisammenliegende, structurlose Fasern als desorganisirte Reste erscheinend. Die ersteren sind besonders durch die eigenthümliche Verdickung ihrer Membran gekennzeichnet, welche wie schon gesagt eine spiralige ist, jedoch findet sich auch vielfach an ein und derselben Faser auftretend neben der spiraligen die ringförmige Verdickung vor (Fig. 16 b), niemals aber ist an einer einzelnen Faser die ringförmige Verdickung ihrer Membran allein ohne die spiralige vorhanden. Sie haben eine spindelförmige Gestalt oder endigen mit einem stumpfen und einem etwas zugespitzten Ende, sind niemals verzweigt und erscheinen einzeln betrachtet farblos. Die wie desorganisirte Reste erscheinenden Fasern sind wie die anderen isolirbar und erinnern trotz ihrer Structurlosigkeit durch ihre Dicke und durch ihre unverdickte Membran an die Hyphen, welche die innere Peridie des Fruchtkörpers dieser Gattung bilden.

Das Capillitium lieferten zur Untersuchung zahlreiche Fruchtkörper von Batarrea Steveni Fr. aus dem Kunze'schen Herbar zu Leipzig.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Eine Capillitiumfaser von Bovista plumbea Pers. 290fache Vergr.
a. Stammstück der Faser,
b. frühere Ansatzstelle der Faser,
c c c. dichotomische Endigungen, fein auslaufend.

Fig. 2. Theil einer Capillitiumfaser von Lycoperdon pusillum Batsch. 250f. Verg.
a, a, getüpfelte Membran.

Fig. 3. Capillitiumreste aus dem reifen Fruchtkörper von Lycoperdon Bovista Pers. 250f. Vergr.
a, a, a Querwände.

Fig. 4. Capillitiumfasern von Tulostoma fimbriatum Fr. 400f. Vergr.
a, a Queranastomose,
b, b, Verbindungsknoten,
c, c spaltenförmige Hohlräume.

Fig. 5. Capillitiumfasern von Tulostoma mammosum Fr. 400f. Vergr.
c, c spaltenförmige Hohlräume.

Fig. 6. Einige Capillitiumfasern von Schizostoma laceratum Fr. 350f. Vergr.
a bauchige Anschwellung im Längsverlaufe der Faser.

Fig. 7. 3 Capillitiumfasern von Geaster coliformis Pers. 350f. Vergr.
Fig. 8. Capillitiumnetz von Geaster hygrometricus Pers. 350f. Vergr.
Fig. 9. 3 Capillitiumfasern von Geaster limbatus Fr. 350f. Vergr.
Fig. 10. Capillitiumreste von Polysaccum tuberosum Fr. 350f. Vergr.
Fig. 11. Eine Capillitiumfaser von Mycenastrum Corium Desv. 350f. Vergr.
a, a, a zarte, wie Stacheln erscheinende Ausstülpungen.
Fig. 12. Theile zweier Capillitiumfasern von Podaxon carcinomatis L. 400f. Vergr.
s. geschichtete Membran,
a. spiraliges Band.
Fig. 13. Theil einer Capillitiumfaser von Cauloglossum? 450f. Vergr.
a. deutlich verdickte und geschichtete Membran.
Fig. 14. Einige Capillitiumfasern von Mitremyces lutescens Schwein. 350f. Vergr.
Fig. 15. Capillitiumreste von Scleroderma vulgare L. 350f. Vergr.
Fig. 16. Drei Capillitiumfasern von Batarrea Steveni Fr. 450f. Vergr.
a, spiralig verdickte Membran,
b, ringförmige Verdickung der Membran.

Beitrag zur Kenntniss des Phycoxanthins.

Von

J. Reinke.

Die seit der ersten Entdeckung des Phycoxanthin's als eines in vielen Algen selbständig neben dem Chlorophyll existirenden, in Alcohol löslichen Farbstoffes über das Absorptionsspectrum desselben veröffentlichten Mittheilungen [1]) sind theils zu unvollständig, theils nicht hinreichend präcisirt, um vollständig zu befriedigen. In seiner Schrift über Chlorophyll [2]) giebt Kraus zwar eine Darstellung des Phycoxanthin-Spectrums aus einer Oscillaria [3]); allein der Umstand, dass dieses Spectrum in seiner weniger brechbaren Hälfte jeder Absorption ermangelt und darin mit den Spectren übereinkommt, die Kraus von den Farbstoffen etiolirter Pflanzen und gelber Blüthen entwirft, während Pringsheim [4]) den Nachweis führte, dass es nur der Anwendung einer hinreichend dicken Schicht der Lösung bedarf, um auch hier in der ersten Hälfte des Spectrums Absorptionen hervortreten zu lassen, machte es wünschenswerth, auch das Phycoxanthin einer genaueren spectralanalytischen Prüfung zu unterwerfen.

---

1) Kraus u. Millardet, Etudes sur la matière colorante des Phycochromacées et des Diatomées. Mémoires de la société des sciences naturelles de Strasbourg Tome 6. pag. 23, 1870. Millardet, Comptes rendus Tome 68, pag. 462—466. 1869. Askenasy, Bot. Zeit. 1867, S. 225. und Bot. Zeit. 1869, S. 785 ff. Vgl. auch Rosanoff in Mémoires de la société impériale des sciences natur. de Cherbourg 1867, p. 145 ff.

2) Kraus, zur Kenntniss der Chlorophyllfarbstoffe und ihrer Verwandten, Stuttgart 1872.

3) Taf. III, Fig. 3.

4) Pringsheim, Untersuchungen über das Chlorophyll. Erste Abtheilung. Monatsber. d. Berl. Acad. i. October 1874.

Was die Angaben von Sorby[1]) anlangt, der den hier zu erörternden Farbstoff in verschiedene zersplittert, welche er spectralanalytisch nachweisen will, so kann ich mich in Bezug darauf nur dem Urtheile Pringsheim's[2]) anschliessen; der Verfasser lässt gänzlich den Nachweis vermissen, dass seine Farbstoffe auch wirklich als solche in den Pflanzen existiren und nicht etwa, was bei Sorby's einschneidender Behandlung mehr als wahrscheinlich, als Resultate chemischer Zersetzungen anzusehen sind. Sorby gründet seine meisten Bestimmungen auf Schwefelkohlenstoff-Lösungen, während ich nach zahlreichen Versuchen den Schwefelkohlenstoff für ein entschieden unzuverlässiges Lösungsmittel halte, durch dessen Anwendung man zu keinem sicheren Resultate kommen kann.

Aus diesem Grunde sind alle Angaben über die Zahl und Lage von Absorptionsbändern wo dieselben nicht durch das Spectrum der lebenden Pflanze controlirt werden konnten, im Folgenden nur nach solchen Lösungen gemacht, deren Lösungsmittel aller bisherigen Erfahrung zufolge den chemischen Character des Farbstoffes nicht verändern; es wurde ausschliesslich Alcohol und Benzol angewandt, die ja auch bisher beim Studium des Chlorophylls wie des Phycoxanthins vorwiegend benutzt worden sind.

Während die Mehrzahl der früheren Beobachter im Phycoxanthin einen in zahlreichen Algenklassen identisch wiederkehrenden Farbstoff zu erblicken glaubten, hat Sorby namentlich den braungelben in Alcohol löslichen Farbstoff der Fucaceen als „Fucoxanthin" von dem analogen Farbstoff der Nostacaceen, dem „Phycoxanthin" Sorb. unterschieden. Beiden Pflanzenklassen soll dann noch ein dritter hierher gehöriger Farbstoff, das „Orange-Xanthophyll" gemeinsam zukommen. Das „Phycoxanthin" hat nach Sorby zwei Absorptionsbänder im Grün, das „Orange-Xanthophyll" zwei Bänder am blauen Ende des Grün und am grünen Ende des Blau, das „Fucoxanthin" zwei Bänder zwischen Grün und Blau. — Ob, was wahrscheinlich, Sorby nur das Spectrum sehr dünner Flüssigkeitsschichten notirt, darüber fehlt es an Auskunft, ebenso, wie bereits hervorgehoben, an jeder Garantie, dass wir es hier nicht mit künstlich producirten Farbstoffen zu thun haben.

Ich werde mich hier ausschliesslich auf die letzten Angaben von Kraus in dessen Schrift über die Chlorophyll-Farbstoffe be-

---

1) Sorby, On comparative vegetable chromatologie. Proc. of the Royal society 1873. Vgl. auch das Referat in Oesterr. bot. Zeitschr. 1875, Nr. 2 ff.

2) l. c. pag. 31.

ziehen, weil dort zur Darstellung des Phycoxanthins ausschliesslich diejenige Methode in Anwendung gebracht ist, welche auch mir einen hinreichend sicheren Schluss auf den unzersetzten Farbstoff in der lebenden Pflanze zu gestatten scheint.

Kraus[1]) zerrieb eine Oscillaria und extrahirte sie sofort mit kochendem Alcohol, der sich anfangs rein orangegelb färbte, dann einen Stich ins Grüne erhielt bis er zur tief olivenbraunen, roth fluorescirenden Lösung wurde. Durch Schütteln mit Benzol wurde das Chlorophyll (Kyanophyll Kraus) aus der alcoholischen Lösung ausgeschieden, das Phycoxanthin blieb, tief gold- bis orangegelb und ohne Fluorescenz, darin zurück.

Der Farbstoff der Benzollösung zeigte ein Absorptionsspectrum, welches wesentlich mit dem Benzol-Chlorophyllspectrum höherer Pflanzen übereinstimmend doch eine constante Differenz insofern erkennen liess, als Band V dem rothen Ende des Spectrums näher gerückt erschien, „es liegt nicht, wie beim gewöhnlichen Farbstoff hinter, sondern auf der Linie F.“

Die orangefarbene Alcohollösung zeigte dagegen nur Absorption im Blau und Violett, die Kraus auf 4 gesonderte Absorptionsbänder bestimmte, von denen das erste über E und b sich lagert, das zweite um F, das dritte zwischen F und G und das vierte von G an eine Endabsorption des Spectrums darstellt.

Danach sei das „Phycoxanthin“ der Oscillarien von dem „Xanthophyll“ höherer Gewächse nur durch den Zutritt eines Absorptionsstreifens im Grün ausgezeichnet.

Hieran schliesse ich noch die Notiz aus der oben erwähnten Arbeit von Kraus und Millardet, dass dicke Schichten von Phycoxanthin nur den rothen Strahlen zwischen a und B und den gelben um D den Durchtritt gestatten, wodurch also auch eine Absorption in der minder brechbaren Hälfte des Spectrums constatirt wäre; doch äussert Kraus in seiner letzten Publication die Annahme, dass das von ihm und Millardet dargestellte „Phycoxanthin“ kein reiner Farbstoff gewesen sei, sondern noch beigemischtes Chlorophyll enthalten habe.

Die im Folgenden mitgetheilten Absorptions-Spectra wurden sämmtlich nach einem vorzüglichen Spectral-Apparat von E. Zeiss in Jena entworfen, der meines Wissens vor allen bisher in Deutschland zu pflanzenphysiologischen Zwecken benutzten derartigen In-

1) l. c. pag. 107.

strumenten den grossen Vorzug besitzt, dass er die Ångström'sche Scala führt, welche für jeden Lichtstrahl des Spectrums direct dessen Wellenlänge angiebt, somit einen viel genaueren Massstab darstellt, als die bisher gebräuchlichen Millimeterscalen[1]), oder die blosse Schätzung nach der Lage zu den Fraunhofer'schen Linien. Die Wellenlänge ist das einzige wirklich exacte und zu präciser Definition der Absorptionen ausschliesslich geeignete Kriterium.[2]) Ein Blick auf die beigefügte Tafel genügt zur Orientirung über diese Scale. Herr Zeiss hat für mich dieselbe mit der Theilmaschine in der Länge von 1 Decimeter auf Papier entworfen, der Lithograph hat dieselbe danach vervielfältigt, so dass ich während des Arbeitens im Laboratorium die Beobachtungen direct in meine Schemata einzutragen vermag. Ich brauche wohl nicht erst zu bemerken, dass die vom violetten zum rothen Ende abnehmende Distanz der Theilstriche der abnehmenden Brechbarkeit der Lichtstrahlen entspricht. —

Pringsheim hat das Verdienst, darauf hingewiesen zu haben, wie nothwendig es sei, eine Farbstofflösung in möglichst verschiedenen Graden der Concentration, beziehungsweise der Schichtendicke vergleichend zu prüfen, weil nur dadurch ein Urtheil über den wirklichen Gang der Lichtabsorption, die mit jeder Concentrationsstufe wechselt, zu gewinnen ist; wir erhalten somit eine Absorptionscurve für jeden Farbstoff, deren Verlauf die Grösse und Qualität der Verdunkelung andeutet. Aber auch ein wichtiges diagnostisches Moment wird hierdurch gewonnen. Vorläufig nehmen wir die qualitative Uebereinstimmung zweier Farbstoffe an, wenn dieselben identische Absorptionsstreifen zeigen; dennoch ist es keineswegs unmöglich, dass zwei chemisch differente Stoffe bei einer gewissen Concentration zufällig in der Lichtabsorption übereinstimmen. Hier bietet dann der Vergleich der ganzen Absorptionscurven, der Reihenfolge des Auftretens der einzelnen Bänder einen neuen Prüfstein, da völlige Congruenz auch hierin von vorne herein sehr unwahrscheinlich ist. Während für gewöhnlich die Numerirung der Bänder einfach vom rothen zum violetten Ende des Spectrum's erfolgt, so kann man sie auch nach der Reihenfolge ihres Auf-

---

1) So stimmen z. B. die von Kraus und Pringsheim benutzten Millimeterscalen unter sich nicht überein nach ihrer Lage zu den Fraunhoferschen Linien.

2) Natürlich muss die Scala empirisch, der Dispersion des zur Herstellung der Prismen benutzten Glases entsprechend, construirt werden.

tretens in successiv verdichteten Lösungen beziffern. Weil die Absorptionsbänder eben nur Maxima der Absorption darstellen, so verbreitern sie sich mit gesteigerter Concentration, und zuletzt erblickt man das Gesichtsfeld des Apparates dunkel, von einzelnen, schmalen, hellen Streifen durchzogen, die nach und nach verschwinden. Auch die Reihenfolge des Schwindens dieser positiven Streifen ist zu berücksichtigen, sie kann in zweifelhaften Fällen diagnostische Verwendung finden.

Bevor ich auf die Characteristik der Farbstoffe derjenigen Algen eingehe, denen man den Besitz von Phycoxanthin zuzuschreiben pflegt, dürfte es zweckmässig sein, um eine sichere Vergleichsbasis zu besitzen, ein paar Notizen über die Lage der Absorptionsbänder in Chlorophylllösungen höherer Pflanzen nach meiner Scala voraufzuschicken.

Die Blätter, aus denen die Extracte gewonnen wurden, sind erst in Wasser gekocht, dann mit kochendem Alcohol ausgezogen worden.

Alcoholischer Extract; 3 Centim. starke Schicht.[1])

A. Aesculus Hipp.	B. Hedera Helix.
I. 670—640	I. 680—630
II. 612—600	II. 620—598
III. 571—567	III. 574—565
IV. 540—530	IV. 540—529
Endabsorpt. von 500 ab.	Endabs. von 510 ab.

Wurde durch Verstärkung der Lösungsschicht die Absorption des Alcohol-Extractes von Aesculus bis nahe zur Totalität gesteigert, so blieb zuletzt ausser einem hellleuchtenden Roth über 700 nur ein einziger heller Streif im Innern des Spectrums über, und zwar gelegen zwischen

585—575

Das rothe Licht oberhalb 700 wird durch zunehmende Verstärkung der Schichten nicht geschwächt, wie man denken sollte, sondern eher verstärkt. Je concentrirter die Lösung ist, um so heller leuchten diese rothen Strahlen, wenigstens im directen Sonnenlicht. Ich bin deshalb zu der Annahme geneigt, dass an Stelle des durchfallenden Lichtes bei starker Concentration hier Fluorescenz-

1) Die römischen Ziffern bezeichnen die Lage der Absorptionsbänder in demselben Sinne wie bei Kraus und Pringsheim. Die Scalentheile geben direct die Lichtwellenlänge an, und wurden die Zehner direct, die Einer durch Schätzung abgelesen; die Einheit ist 0,000001 Millimeter.

licht tritt, welches erzeugt wird durch gewöhnliches, in den Wänden der Beobachtungsröhren aufwärts strahlendes Sonnenlicht. Ich will aus diesem Grunde von dem rothen Licht, das man ausserhalb der Wellen von 700 erblickt, Abstand nehmen und diejenige helle Linie, die bei gesteigertster Schichtendicke zwischen den Wellenlängen 400 und 700 allein noch übrig bleibt, den positiven Streifen des betreffenden Farbstoffes nennen. Der positive Streifen des Alcohol-Extractes von Aesculus liegt demnach zwischen 575 und 585.

Benzolchlorophyll. 3 Ct. starke Schicht.

A. Aesculus Hippocastanum	B. Hyacinthus orientalis
I. 672—632	I. 675—638
II. 613—600	II. 616—605
III. 575—565	III. 579—562
IV. 539—529	IV. 540—528
Endabs. von 500.	Endabs. von 500.

C. Hedera Helix. Die Streifen sind mit arabischen Zahlen beziffert nach der Reihenfolge ihres Auftretens in zunehmend concentrirter Lösung.

1. 669—658
2. 420—400
3. 500—474
4. 460—440 [1])
5. 540—530
6. 620—608
7. 578—567 (Fig. 2).

Der positive Streifen des Benzolchlorophylls, sowohl von Aesculus als auch von Hedera, umfasst die Wellenlängen von 555 bis 545. (Fig. 3.)

Endlich möge hier noch das Chlorophyll von Batrachospermum Erwähnung finden. Eine Portion von lederbraun gefärbtem Batrachospermum moniliforme, der in den Mühlbächen um Göttingen häufig wächst, wurde mit kaltem Wasser stundenlang in einem Porcellanmörser bearbeitet. Allein wegen der Schlüpfrigkeit der Pflanze war es nur wenig gelungen, sie zu zerreiben, und kein dem Phycoerythrin entsprechender Farbstoff diffundirte aus den Zellen heraus, eine 15 Ctm. hohe Schicht der von der Masse abfiltrirten schleimigen, wasserklaren Flüssigkeit liess nicht die geringste Spur von Absorption erkennen; dennoch halte ich das Vorhandensein eines solchen

1) Die Grenzen dieses Bandes sind unmöglich scharf zu bestimmen.

Farbstoffes für sicher. Beim Aufkochen in Wasser ergrünte Batrachospermum schnell, der schmutzig gelblich gefärbte wässrige Extract ergiebt eine stetig zunehmende Absorption des blauen Spectralendes, scheint also dem unten zu erwähnenden Phycophäin zu entsprechen. Der nunmehr mit kochendem Alcohol gewonnene Extract zeigte eine lichtgrüne bis gelbgrüne Färbung; wurde derselbe mit Benzol geschüttelt, so nahm dies den gesammten Farbstoff in sich auf, der Alcohol wurde wieder vollständig farblos, mit schwach milchiger Trübung, zeigte auch in dichter Schicht nicht mehr die geringste Absorption. Da das Benzol-Chlorophyll spectralanalytisch vollständig mit dem gewöhnlichen B.-Chl. (z. B. von Hedera) übereinstimmt, so lag hier die Möglichkeit vor, von normalem Chlorophyll eine reine, keinen anderen Farbstoff enthaltende, alcoholische Lösung auf die Lage der Absorptionsbänder zu prüfen.

Alcohol-Chlorophyll von Batrachospermum.

I. 680—640
II. 620—600
III. 580—560
IV. 540—525
V. 500—480
VI. 460—440
VII. 430—400 (Fig. 1).

Die erste Hälfte des Spectrums ist nach einer sehr, die zweite Hälfte nach einer wenig mächtigen Flüssigkeitsschicht aufgezeichnet. Die positive Linie des Alcohol-Chlorophylls liegt auch über 550.

Ein gelber in Alcohol löslicher Farbstoff scheint mit dem Chlorophyll von Batrachospermum nicht vergesellschaftet zu sein.

Die Farbstoffe von Oscillaria.

Eine schwarzblaue Rasen in einem von klarem Wasser durchströmten Mühlen-Rinnsal bildende Oscillarie wurde zur Gewinnung der dieser Pflanze eignen Farbstoffe benutzt; dieselbe enthielt so wenig Diatomeen u. s. w. beigemischt, dass man die gewonnenen Farbstoffe unbedenklich als wirklich der Oscillarie eigen ansprechen darf.

Durch kaltes Wasser kann man bekanntlich den Oscillarien ihr Phycocyan entziehen. Eine grössere Quantität Oscillaria wurde mit destillirtem Wasser in einem Porcellan-Mörser zerrieben, und es

gab eine 15 Ctm. hohe Schicht des hellblauen, roth fluorescirenden Filtrats folgendes Absorptionsspectrum (die Streifen vom rothen zum violetten Ende beziffert):

Phycocyan von Oscillaria.

I. 635—594
II. 580—550
III. 495—485 (sehr schwach)
IV. 420—400 (Fig. 11).

Wurde diese wässrige Flüssigkeit gekocht, so verlor sie die Fluorescenz und es blieben nur folgende Absorptionsstreifen übrig:

495—485
420—400

Wurde Oscillaria mit Wasser abgekocht, so erhielt ich ein gelbliches Filtrat mit folgenden Absorptionen:

625—617 (sehr schwach)
495—485
Endabs. von 420.

Es wurde nun sowohl die mit kaltem als mit kochendem Wasser extrahirte Oscillaria mit kochendem Alcohol digerirt und die Masse auf ein Filter gethan; das Filtrat der mit Wasser ausgekochten Pflanze ergab folgendes Spectrum:

Alcohol-Extract in 3 Ctm. Stärke.

I. 685—645
II. 630—607
III. 590—570
Endabs. von 543.

Desgl. in 1 Ctm. Stärke.

I. 680—645
II. 625—608
III. nicht erkennbar
IV. 540—530
V. 500—480
VI. 460—440
VII. 420—400 (Fig. 5).

Durch Schütteln mit Benzol löste sich darin das Chlorophyll mit sattgrüner Farbe, während das Phycoxanthin als bernsteinbraune Flüssigkeit im Alcohol zurückblieb.

Benzolchlorophyll, das Spectrum aus 3 und 1 Ctm. starker Schicht combinirt.

I. 675—640
II. 623—607
III. 580—565
IV. 540—530
V. 506—475
VI. 464—446
VII. 430—400 (Fig. 4).

Der positive Streif des Benzolchlorophylls liegt von 555 bis 545.

Das Alcoholische Filtrat aus der mit kaltem Wasser behandelten Oscillaria zeigte sich verschieden in seiner ersten und zweiten Hälfte. Die zuerst abgetropfte Hälfte war grün gefärbt, nur mit einem Stich in's Braune, die zweite Hälfte, die besonders aufgefangen wurde, war ganz olivenbraun. Die erste Hälfte ergab folgendes Spectrum in 3 Ctm. Schicht:

I. 690—648
II. 635—610
III. 590—575
Endabs. von 545.

Die zweite Hälfte des Filtrats dagegen zeigte: (3 Ctm.)

I. 675—650
IIa. 630—628
IIb. 620—610
III. 590—585 (schwach)
Endabs. von 540 an.

Das aus der ersten Hälfte des Filtrats gewonnene Benzol-Chlorophyll zeigte in seinem Spectrum keine Abweichungen; das der zweiten Hälfte des Filtrats war von gelbgrüner Farbe und zeigte in 15 Ctm. Dicke:

I. 685—645
II. 625—607
III. 585—565
Endabs. von 545 an.

Der Alcohol-Extract von Oscillaria zeigt, wenn man die mitgetheilten Specten unter einander vergleicht, von dem alcoholischen Extract der höheren Pflanzen bei einer bestimmten, annähernd gleichen Concentrationsstufe den constanten Unterschied, dass Absorptionsband II. eine nicht unerhebliche Verbreiterung nach dem rothen Ende des Spectrums hin aufweist; ja in dem braun-

gefärbten, letzten alcoholischen Filtrat erscheint dies Band durch einen eingeschalteten hellen Streif sogar in zwei Bänder gespalten, von denen das eine, IIb. dem Bande II. des gewöhnlichen Alcohol-Chlorophylls entspricht, das andere, IIa. dagegen neu hinzugetreten ist. Desgleichen erscheint Streif III. im Alcohol-Extract von Oscillaria nach der rothen Seite hin verbreitert; es liegt Streif III. bei Oscillaria: 590—570, bei Hedera z. B. von 580—565.

Diese Differenzen erklären sich leicht, wenn wir zur Betrachtung des bei der Behandlung mit Benzol im Alcohol zurückgebliebenen braungelben Farbstoffs, des Phycoxanthin's, übergehen.

In dünnen Schichten zeigt das Phycoxanthin allerdings nur Absorptionen in der stärker gebrochenen Hälfte des Spectrums. In ganz dünner Schicht vermochte auch ich vier gesonderte Bänder zu unterscheiden, die den von Kraus angegebenen entsprechen.

Verwendet man zur Untersuchung aber sehr tiefe Schichten (15 Ctm.), die durch oft wiederholtes Schütteln mit Benzol so lange ausgewaschen sind, bis die Bänder keine Verringerung mehr erfahren, so zeigen sich auch in der ersten Hälfte des Spectrums folgende characteristische Absorptionsstreifen:

Phycoxanthin in Alcohol (15 Ctm.).

I. 670—655
II. 634—627
III. 590—580

Hieran schliessen sich dann die in dünner Schicht erkennbaren Bänder der zweiten Hälfte:

IV. 530—500
V. 485—470
VI. 455—440
VII. 425—400 (Fig. 6).

Der positive Streif des Phycoxanthins bei ganz concentrirter Lösung liegt von 610—598.

(Beim letzten Schütteln wurde vom Benzol aus dem Phycoxanthin ein rein goldgelber Farbstoff aufgenommen, der in 15 Ctm. hoher Schicht nichts weiter zeigte, als eine Endabsorption von 750—645 und eine andere Endabsorption von 520—400.)

Wir haben demnach als characteristisch für die erste Hälfte des Phycoxanthin-Spectrums von Oscillaria hervorzuheben einen Streifen I., der mit dem ersten Streifen des Chlorophyll-Spectrums übereinstimmt, dann 2 Streifen II. und III., die allerdings mit den

Streifen II. und III. des Chlorophylls eine gewisse Correspondenz zeigen, aber durch ihre weiter nach links gerückte Lage von den betreffenden Chlorophyllbändern constant sich unterscheiden. Diese Phycoxanthin-Streifen waren auch bereits in dem das Chlorophyll noch enthaltenden alcoholischen Extracte von Oscillaria sichtbar, sie verflossen aber mit den entsprechenden Chlorophyllbändern und dienten nur zur Verbreiterung derselben nach links; bloss in dem letzten Theile des benutzten Filtrats zeigten sich Band II. des Phycoxanthins und des Chlorophylls durch eine weniger absorbirende helle Linie von einander getrennt. Von den Streifen der zweiten Hälfte des Spectrums fallen VI. und VII. mit den betreffenden Chlorophyllstreifen zusammen, IV. und V. differiren von den gleich bezifferten Streifen des Chlorophylls.

Die Farbstoffe von Halidrys, Fucus, Laminaria und Desmarestia.

Von Halidrys siliquosa, Laminaria saccharina und Desmarestia aculeata standen mir Ende Winter l. J. so frische Exemplare zu Gebote, dass ich z. B. an Laminaria saccharina im Meerwasser die Entwicklung der Schwärmsporen zu beobachten vermochte. In der Voraussicht, dass diese Pflanzen sich nicht lange halten würden und durch andere Arbeit sehr in Anspruch genommen, war es mir wünschenswerth, die Untersuchung der Farbstoffe möglichst zu beschleunigen und ersuchte ich deswegen Herrn Dr. Drude, mit mir gemeinschaftlich die Analyse der Farbstoffe vorzunehmen, welcher Aufforderung derselbe bereitwillig entsprach; alle folgenden Mittheilungen über die Farbstoff-Spectra dieser Meeresalgen beruhen daher auf gemeinsam von Herrn Dr. Drude und mir angestellten Beobachtungen.

Auch hier wurden die betreffenden Algen in Stücke zerschnitten und solange in Wasser ausgekocht, als noch eine erhebliche Menge braungelben Farbstoffs in demselben sich löste, dann mit kochendem Alcohol extrahirt und das Chlorophyll aus diesem Extracte durch Benzol entfernt.

Der bräunliche, wässrige Extract, den Millardet Phycophäin genannt hat, erzeugt im Spectrum nur eine Endabsorption, in dicken Schichten etwa von 530 bis 400, die bei abnehmender Concentration stetig bis an das violette Ende des Spectrums zurückweicht, ohne durch hellere Streifen unterbrochen zu werden. Spectralanalytisch unterscheidet sich demnach das Phycophäin nur quantitativ von

dem eine graugelbe Lösung gebenden Farbstoff, den man durch Auskochen phanerogamer Blätter in Wasser erhält; auch hier findet sich immer nur eine stetige Endabsorption des blauen Abschnittes des Spectrums. Weil beim Kochen in Wasser Fucaceen (mit Ausnahme von Halidrys) und Laminaria ergrünen, so scheint dies „Phycophäin“ die vorwiegende Ursache der natürlichen braunen Färbung dieser Gewächse zu sein.[1]) Die Quantität dieses Farbstoffes wechselt sehr nach den Arten; bei Desmarestia ist sie verhältnissmässig gering, bei Halidrys so bedeutend, dass nach siebenmaliger andauernder Abkochung ein neuer Aufguss sich doch noch ein wenig zu färben vermochte.

Was das Benzolchlorophyll dieser Gewächse anlangt, so zeigt dasselbe keine bemerkenswerthe Verschiedenheit vom Chlorophyll der Phanerogamen; 3 Ctm. mächtige Schichten einer annähernd gleich concentrirten Lösung, wie oben von Aesculus und Hyacinthus angegeben wurde, lieferten folgende Absorptionen:

Benzolchlorophyll.

Laminaria.	Halidrys.
I. 674—645	I. 680—640
II. 620—606	II. 618—600
III. 580—563	III. 580—558
IV. 539—530	IV. 541—529
Endabs. von 507 an.	Endabs. von 510 an.

In dünnen Schichten lässt sich auch hier die Endabsorption in drei gesonderte Bänder auflösen, welche den oben für Hedera angegebenen Wellenlängen entsprechen.

Ebenso wie in den optischen Eigenschaften ihres Chlorophylls, stimmen die von uns untersuchten Gattungen auch hinsichtlich des gesammten Alcohol-Extracts und des darin enthaltenen „Phycoxanthins“ unter sich überein. Eine geeignete Schicht des alcoholischen Extracts von Halidrys zeigte folgendes Spectrum:

Alcohol-Extract von Halidrys.

I. 690—640
II. 620—580
III. 573—558
IV. 543—530 (Fig. 7).
Endabs. von 525 an.

1) Uebrigens ergrünen diese Gewächse auch anfangs in Alcohol, um sich später ganz zu entfärben; also bilden wohl Phycoxanthin und Phycophäin zusammen den natürlichen braunen Ton derselben.

Stellte man neben dies Spectrum durch Drehen des Vergleichsprisma das gewöhnliche Sonnenspectrum ein, so ergab sich eine bedeutende Helligkeitsdifferenz zwischen den hellen Streifen, welche die Absorptionsbänder trennen, von den entsprechenden Stellen des Sonnenspectrums, die am beträchtlichsten war zwischen den Bändern I. und II.

Das durch oft wiederholtes Schütteln mit Benzol vom Chlorophyll befreite, die alcoholische Flüssigkeit in concentrirter Lösung tief braun färbende, nicht fluorescirende Phycoxanthin ergab folgendes Absorptionsspectrum:

Phycoxanthin in 10 Ctm. Schicht.

A. Laminaria.	B. Halidrys.
I. 640—626	I. 639—625
II. 592—578	II. 590—578
Endabs. von 540 an.	Endabs. von 540 an. (Fig. 8.)

Da übrigens dies Phycoxanthin sich schneller im kochenden Alcohol löst, als das Chlorophyll, so erhält man reines Phycoxanthin am bequemsten, wenn man den Alcohol nur wenige Minuten ausziehen lässt und dann abgiesst; in folgenden Zahlen ein solches Spectrum:

Phycoxanthin. 15 Ctm.

Laminaria.	Halidrys.
I. 645—622	I. 635—625
II. 595—575	II. 587—578
Endabs. von 545 an.	Endabs. von 540 an.

Verringert man die Concentration der Lösung, so schwinden alsbald die beiden Bänder in der ersten Hälfte des Spectrums, und zwar zuerst Band II., dann Band I.; dagegen zertheilt sich die Endabsorption in gesonderte Bänder durch Einschaltung hellerer Streifen; doch sei gleich bemerkt, dass es sehr schwierig ist, die Grenzen der Bänder, die sich allmählig gegen einander abschatten, wirklich genau zu bestimmen.

Phycoxanthin in dünner Schicht von Halidrys.

III. 540—510
IV. 490—470
V. 460—440
VI. 425—400

Die sechs Absorptionsbänder des Phycoxanthins ordnen sich nach ihrem Auftreten bei gesteigerter Concentration in folgende Reihe:

1 VI. 2 V. 3 IV. 4 III. 5 I. 6 II.

dem eine graugelbe Lösung gebenden Farbstoff, de... Ver-
Auskochen phanerogamer Blätter in Wasser erhält... Lösung mit
sich immer nur eine stetige Endabsorption des ... Chlorophyll
des Spectrums. Weil beim Kochen in Was... sich, dass der
nahme von Halidrys) und Laminaria ... und 580 liegt, aller-
„Phycophäin" die vorwiegende Urs... allgemeinen Extractes
Färbung dieser Gewächse zu sein ... ckt ist, der (bei Halidrys)
stoffes wechselt sehr nach der ... agegen ist vom Phycoxanthin-
hältnissmässig gering, bei H... der zwischen Band I. und II.
maliger andauernder Ab... nichts zu bemerken. Allein wenn
ein wenig zu färben ... so findet es doch seine natürliche

Was das Ben... sich nur daran zu erinnern, dass die
dasselbe keine ... Einschaltung einer Lösung in den Apparat
der Phaner... Bänder von einander trennen, nicht ohne
gleich ... sondern dass die Bänder nur die Maxima der
anger... darstellen. Es lässt sich dies in jedem Falle am
... demonstriren. Im Spectrum des in Rede stehenden
... Extractes wurde noch, wie oben ausdrücklich erwähnt,
... Region zwischen Band I. und II. dieses Spectrums ganz
... eine schwächere Absorption constatirt, in der sich aber kein
...derer Streif markirte. Dieser erste Phycoxanthin-Streif wird
erst deutlich sichtbar bei einer Schichtenstärke, bei welcher der alcoholische Gesammt-Extract an dieser Stelle schon sehr dunkel erscheint. Man kann übrigens im Extract die Phycoxanthinstreifen neben den Chlorophyllbändern sichtbar machen, wenn man nur einen Theil des Chlorophylls durch Benzol auswäscht; ein solcher gelbgrün gefärbter, mit Benzol flüchtig durchgeschüttelter alcoholischer Extract von Desmarestia zeigte folgendes Spectrum:

Chl.	I.	675—648	
Ph.	I.	629—622	[Die dem Chlorophyll
Chl.	II.	618—610	angehörenden Streifen
Ph.	II.	590—585	sind mit Chl., die des
Chl.	III.	583—575	Phycoxanthins mit Ph.
Chl.	IV.	540—535	bezeichnet.]
Ph.	III.	530—520	

Endabs. von 510 an. (Fig. 9.)

Es war wünschenswerth, die hier an Lösungen nachgewiesenen spectralanalytischen Erscheinungen auch an der Pflanze selbst zu verificiren, wodurch allein die Unveränderlichkeit des Farbstoffes im Lösungsmittel sich darthun lässt. Für diesen Zweck ist nun

der flache Laubkörper von Laminaria saccharina, nicht nur im ischen Zustande, sondern auch (im Dunkel) getrocknet ganz vorlich geeignet; derselbe ist durchscheinend, wie eine braungelbe platte, weil sein Gewebe gänzlich der Intercellularräume ent- und dagegen gallertig erweiterte, vollkommen translucente de besitzt.

man ein solches einfaches Laub unter das Spectroscop, es nicht nur, die einzelnen Chlorophyllbänder wahrzu- sondern im directen Sonnenlicht vermag man sogar zwischen selben und von ihnen gesondert die Phycoxanthin-Streifen zu erkennen, wie folgt:

Spectrum eines einfachen Laminaria-Laubes im directen Sonnenlicht.

Chl.	I.	690—652
Ph.	I.	635—629
Chl.	II.	620—605
Ph.	II.	600—590
Chl.	III.	585—575
Chl.	IV.	nicht deutlich
Ph.	III.	535—515
Chl.	V.	505—485

Endabs. von 455 an. (Fig. 10.)

Somit ist die Präexistenz beider Farbstoffe, des Chlorophylls und des Phycoxanthins neben einander in der lebenden Pflanze erwiesen und an der Identität der Streifen zugleich dargethan, dass Alcohol und Benzol den spectralchemischen Character des Phycoxanthins ebenso wenig verändern, wie den des Chlorophylls. Die Verschiebung sämmtlicher Absorptionsbänder gegen das Roth ist ja eine bekannte und nicht hierher gehörende Erscheinung, welche durch das Dispersionsvermögen des Lösungsmittels hervorgerufen wird.

Eine vierfache Schicht des Laminaria-Laubes ergab im Sonnenlicht folgende Absorptionen:

695—650
632—610
595—575
Endabs. von 550 an.

Vergleichen wir zum Schluss die in Alcohol löslichen Farbstoffe von Oscillaria und den Meeresalgen mit den entsprechenden Farbstoffen der Phanerogamen, so zeigt das Benzol-Chlorophyll bei allen diesen Pflanzen ein wesentlich identisches Absorptions-Spectrum. Das sogenannte Phycoxanthin nimmt die Stelle des gelben Farbstoffs, der nach dem Schütteln mit Benzol im alcoholischen Extract phanerogamer Laubblätter zurückbleibt, bei den genannten Algen ein. Dabei ist aber auffallend, dass das Phycoxanthin der Oscillaria von dem der Meeresalgen (wo es bei Fucus, Halidrys, Laminaria, Desmarestia wesentlich identisch gefunden wurde) abweicht; während letzteres nur sechs Absorptionsbänder besitzt, so zeigt jenes deren sieben; es tritt nämlich bei Oscillaria noch der erste Chlorophyllstreif zu den Bändern des Fucus-Phycoxanthins hinzu. Ob nun dieser Chlorophyllstreif dadurch dem Phycoxanthin-Spectrum anhaftet, dass noch wirkliches Chlorophyll im Alcohol zurückgehalten wurde, oder ob er in ähnlicher Weise selbständig zum Phycoxanthin der Oscillaria gehört, wie er z. B. im Etiolin-Spectrum auftritt (Pringsheim l. c.), ist schwer zu entscheiden; ich neige mich aber der letzteren Annahme zu, weil trotz fortgesetzten wiederholten Schüttelns mit Benzol dieser Streif nicht zu entfernen, nicht einmal zu verringern war, während dies bei den Meeresalgen doch gelang. Auch hier zeigten sich aber bei den einzelnen Gattungen Differenzen. Während z. B. bei Laminaria durch Benzol der Chlorophyllstreif I. relativ leicht bis auf die letzte Spur zu tilgen war, gelang dies bei Halidrys sehr schwierig, erst nach lange andauerndem Auswaschen. Mir scheint es daher am richtigsten, zwei Modificationen des Phycoxanthins anzunehmen, die eine in Oscillaria, die andere in Fucaceen und Phäosporeen.[1]) Man könnte für letztere den von Sorby gebildeten Namen „Fucoxanthin" benutzen, allein Sorby giebt eine von der hier gelieferten so sehr abweichende Diagnose der beiden Farbstoffe, dass man doch wohl besser thut, diese Bezeichnung vorläufig auszuschliessen. Ueberhaupt könnte man es entbehren, für die Reihe der Chlorophyllfarbstoffe — und dahinein gehört das Phycoxanthin unzweifelhaft — noch weitere neue Wörter nach dem Griechischen zu bilden, man könnte die einzelnen Glieder der Reihe ebensogut

1) Sehr gerne hätte ich auch die Diatomeen in den Kreis dieser Untersuchung gezogen, doch war es mir nicht möglich, bei Göttingen ein hinreichendes Quantum derselben so rein und unvermischt zu erlangen, dass sich eine Untersuchung verlohnt hätte.

mit Buchstaben bezeichnen. Neben diesen Buchstaben würden selbstverständlich die bereits eingebürgerten Namen immer in Gebrauch bleiben. Die Reihe der Chlorophyllfarbstoffe würde bei unserer heutigen Kenntniss sich aus folgenden Gliedern zusammensetzen:

Chlorophyll	= A.
Xanthophyll	= B.
Anthoxanthin	= C.
Etiolin	= D.
Der mit dem Chlorophyll der Phanerogamen verbundene Gelbstoff	= E.
Oscillarien-Phycoxanthin	= F.
Fucus-Phycoxanthin	= G.

Der Farbstoff G wird durch F mit der Gruppe B bis E verbunden; am meisten Uebereinstimmung zeigt sich zwischen F und D, indem bei D bereits der erste „Phycoxanthinstreif" sich zeigt (Vgl. Pringsheim, l. c. Fig. 3i, Band IIa).

Sollte es später gelingen, einzelne dieser Farbstoffe in weitere chromatologische Individuen zu zerlegen, z. B. E und G, so könnte man dieselben mit den Buchstaben des kleinen Alphabets (Ea, Eb, Ec u. s. w.) bezeichnen.

Erklärung der Tafel XXX.

Fig. 1. Alcohol-Chlorophyll (reines) von Batrachospermum; erste Hälfte nach einer stark, letzte Hälfte nach einer wenig concentrirten Lösung.

Fig. 2. Benzolchlorophyll von Hedera; die Streifen sind numerirt nach der Reihenfolge ihres Auftretens in successive gesteigerter optischer Concentration der Lösung.

Fig. 3. Benzolchlorophyll von Hedera; zeigt die Lage des positiven Streifen im Spectrum.

Fig. 4. Benzolchlorophyll von Oscillaria; das Spectrum combinirt nach 3 und 1 Ctm. tiefer Schicht.

Fig. 5. Alcoholischer Extract von Oscillaria; combinirt nach 3 und 1 Ctm. tiefer Schicht.

Fig. 6. Phycoxanthin von Oscillaria in Alcohol, die erste Hälfte des Spectrums nach concentrirter, die zweite Hälfte nach verdünnter Lösung.

Fig. 7. Alcoholischer Extract von Halidrys siliquosa.

Fig. 8. Phycoxanthin von Halidrys in Alcohol, aus concentrirter und verdünnter Lösung combinirt.

Fig. 9. Alcoholischer Extract von Desmarestia aculeata, aus dem ein Theil des Chlorophylls durch Schütteln mit Benzol entfernt worden ist; in der ersten Hälfte des Spectrums sind Chlorophyll- und Phycoxanthin-Bänder neben einander sichtbar.

Fig. 10. Spectrum des Laubes von Laminaria saccharina; neben den Chlorophyllbändern treten auch die Phycoxanthin-Bänder hervor.

Fig. 11. Spectrum einer 15 Ctm. tiefen wässrigen Lösung von Phycocyan aus Oscillaria.



Ulothrix zonata.

Ihre geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung,

ein Beitrag zur Kenntniss der untern Grenze des pflanzlichen Sexuallebens.

Von

Dr. Arnold Dodel,

Docent a. d. Universität und am Eidgen. Polytechnicum in Zürich.

Die Pflanze, deren Entwicklungsgeschichte im Folgenden soweit besprochen werden soll, als es meine bisherigen Untersuchungen zulassen, ist eine Fadenalge, bestehend aus einfachen, niemals verzweigten Zellreihen, welche ich zum ersten Mal im März 1870 an den beiden oberen Becken des Springbrunnens vor dem Polytechnicum in Zürich beobachtete, wo sie — von dem Rand der fortwährend überfliessenden Becken abwärts hängend, dicke Fadenbüschel von lebhaft grüner Farbe bildete. Ich untersuchte sie damals während mehrerer Tage unter dem Mikroskop und fertigte zwei colorirte, mit Hülfe des Prismas skizzirte Tafeln an, von welchen ich die Originalzeichnungen zu Fig. 14, pag. 105 meiner „neuern Schöpfungsgeschichte“ (Leipzig, Brockhaus 1875) hernahm.

Damals (4—18. März 1870) gefroren die von den Springbrunnen-Becken herabhängenden Fadenbüschel viele Nächte hintereinander zu festen Zapfen zusammen, um jeweilen am Morgen wieder aufzuthauen, ohne dabei irgendwie Schaden zu nehmen, weder in vegetativer noch in reproduktiver Hinsicht. Schon damals habe ich die Copulation von Schwärmsporen, sowie die Bildung und das Ausschlüpfen der grössern und kleinern Zoosporen, ebenso die Keimung der nichtkopulirten Schwärmsporen beobachtet und in den bereits erwähnten zwei colorirten Tafeln dargestellt. Ich werde in der Folge mehrmals von diesen letztern zu reden haben, hier muss ich zum Vornherein bemerken, dass sämmtliche Zeichnungen,

welche dieser vorliegenden Abhandlung beigegeben sind, vom Frühjahr 1875 bis Frühjahr 1876 datiren und mit Hülfe eines Hartnack-schen Instrumentes, die Mehrzahl mit Hülfe des Immersions-Systems No. IX. und des Prisma's gezeichnet sind.

Nachdem im Januar 1875 gelegentlich in einer Kritik meines letzten Buches gesagt wurde, dass meine in der „neuern Schöpfungsgeschichte" wiedergegebene „Darstellung des Vorganges bei Ulothrix entschieden unrichtig" sei — nachdem ich wiederholt die von Cramer publicirte Arbeit „Ueber Entstehung und Paarung der Schwärmsporen von Ulothrix" (Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellsch. zu Zürich, Bd. XV. und Bot. Zeitung 1871, No. 5 u. 6) gelesen und mit meinen Notizen verglichen hatte, fand ich es zeitgemäss, die Untersuchung nochmals an Hand zu nehmen und die Arbeit Cramer's sowohl als auch meine 1870er Notizen einer genauen Kritik, resp. Verification zu unterwerfen.

Es erschien dies um so wünschenswerther, als bereits andere algologische Untersuchungen während der letzten Jahre seit Pringsheim's Arbeit „Ueber Paarung von Schwärmsporen, die morphologische Grundform der Zeugung im Pflanzenreiche (Monatsberichte der kgl. Acad. der Wissensch. zu Berlin, Oktbr. 1869) darauf hinwiesen, dass eine entwicklungsgeschichtliche Studie über die Ulothricheen zu interessanten neuen Resultaten führen müsse. Die Jahreszeit war diesem Vorhaben günstig, der Frühling mit Einschluss des Februars kalt und für die Beobachtung dieser Ulothrix-Art ganz dazu angethan, das wünschenswerthe Material stets in neuer Fülle zu bieten.

Die ersten von mir während des Frühjahrs 1875 beobachteten Ulothrixfaden kamen am 1. Februar während des mikroskopischen Curses an der Universität unter das Mikroskop. Diese Faden stammten aus einem von Quellwasser gespeisten Brunnenbett in der Nähe Zürichs und entliessen eine Unzahl kleiner Zoosporen, von denen — selbst bei schwacher (200-300facher) Vergrösserung — solche zu erkennen waren, die sich copulirten. Eine Vergleichung mit den später aufgefundenen an anderer Stelle vorkommenden Ulothrix-Faden ergab, dass jene ersteren zu Ulothrix zonata gehörten.

Erst anfangs März konnte ich die Untersuchung ernstlich an Hand nehmen. Das Material bot mir wieder — wie im Frühjahr 1870 — die Fadenalge an den Springbrunnenbecken des Polytechnicums. Von dort wurden zu wiederholten Malen grössere

Quantitäten der lebhaft vegetirenden und Schwärmsporen bildenden Alge weggenommen und theils zur sofortigen Untersuchung benutzt, theils zur Kultur in Teller gebracht. Diese Algenzucht war für die Untersuchung durchaus nothwendig, aber nur so lange ein Leichtes, als die Witterung eine frostig kühle blieb, so dass man die Züchtungs-Objekte während Tag und Nacht vor den Fenstern des südwestlich gelegenen Zimmers belassen konnte, während andere Teller mit derselben Algenspecies im Zimmer selbst unter dem Einfluss einer wenig schwankenden Temperatur sich normal entwickelten. Schwieriger wurde die Aufgabe sofort, als einmal die frostige März- und Aprilwitterung einer milderen Frühlingswärme und dem intensiveren, lang andauernden Sonnenschein Platz machte. Mit dem Eintritt dieser für alle Pflanzen so wichtigen Momente gingen alsbald die seit Wochen in Tellern gezüchteten Algenwatten zu Grunde, so dass es nur mit grosser Sorgfalt gelang, einige Colonieen, auf deren Entwicklungsgeschichte ich besonderes Gewicht zu legen hatte, von Anfang März an bis zum Abschluss der ersten Kapitel dieser Arbeit gesund und wohlbehalten davon zu bringen. Während dieser kritischen Zeit gingen auch die zahllosen Fadenbüschel an den Wasserbecken des Springbrunnens zu Grunde. Ein glücklicher Zufall spielte mir aber das an anderer Stelle besser vegetirende Untersuchungsmaterial derselben Ulothrix-Art in die Hände. Ich entdeckte dieselbe Species in dem Brunnenbett des von Quellwasser gespeisten im Hofe des Universitäts-Gebäudes stehenden Brunnens, wo Ulothrix zonata nebst einigen andern Fadenalgen ziemlich stark vertreten war und sich selbst noch üppiger entwickelte, als an dem von Flusswasser gespeisten Springbrunnen vor dem Polytechnicum.

Diesen günstigen Verhältnissen und dem während eines vollen Jahres mit grosser Mühe, aber glücklichem Erfolge durchgeführten Culturversuche habe ich es zu verdanken, dass mir jederzeit alles wünschbare Untersuchungsmaterial in nächster Nähe zur Disposition stand, so dass ich während des ganzen Jahres den Entwicklungsgang dieser Alge verfolgen konnte.

Ich habe noch zu bemerken, dass im Verlaufe der nachfolgenden Kapitel die einschlägige Literatur über die Behandlung verwandter Materien und Fragen an passender Stelle angegeben ist. Die Arbeit von E. Strasburger über Zellbildung und Zelltheilung, in welcher sich einige sehr interessante Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von Ulothrix zonata vorfinden, kam erst

zur Ausgabe, als das Manuscript der vorliegenden Untersuchung mit Ausschluss des letzten Kapitels schon längst in den Händen des Herrn Herausgebers der Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik lag. Es wurde mir indess ermöglicht, nachträglich noch einige auf Strasburger's Arbeit bezügliche Anmerkungen und Zusätze einzufügen, was für die Vollständigkeit der hier zur Sprache kommenden Literatur wünschenswerth erscheinen musste.

Die Hauptresultate des ersten Theiles dieser vorliegenden Arbeit theilte ich in der bot. Section der 48. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Graz (18—25. Septbr. 1875) mit. Man vergleiche das Tagblatt dieser Versammlung pag. 99 und 100, ebenso Bot. Zeitung 1875, pag. 737—739.

I. Das Aussehen der Faden von Ulothrix zonata im reproduktiven und vegetativen Zustand.

Die fraglichen Algenfaden bilden entweder langgestreckte Büschel, an denen das Brunnenwasser herniederläuft, oder sie erscheinen als schwimmende Watten, die im Brunnenbett von jedem Windstoss hin und hergetrieben werden, oder endlich: sie bilden am steinernen Brunnenbett, unter dem Wasserspiegel kleine hellgrüne Rasen und zwar so, dass die einzelnen Faden entweder senkrecht von der vertikalen Steinwand abstehen oder mit ihrem obern Theil gegen den Wasserspiegel emporstreben.

Vom Monat Februar an bis April und Mai finden wir bei Ulothrix zonata, aus den angegebenen Fundorten entnommen, folgende Faden-Typen:

a. Faden von perlschnurartigem Aussehen (Taf. XXXI. Fig. 1b.), deren Zellen tonnenförmig oder kugelig aufgetrieben und mit kleinen Schwärmsporen erfüllt sind. Dieser Typus ist im Februar und anfangs März der vorwiegende und verdient desshalb besondere Aufmerksamkeit. In schwimmenden Watten erscheinen diese Faden kurz vor Entleerung der Schwärmsporen hellgrün bis olivengrün, unter dem Mikroskop erkennen wir sie als spiralig gekräuselte, wirr durch einander liegende Zellreihen, oft ganz ähnlich gewunden, wie die spiraligen Drathfedern einer Matratze. Untersucht man solche Ulothrix-Faden am Vormittag, so wird man in der Regel kurz nach Sonnenaufgang (im Februar und anfangs März 8—10 Uhr an, Mitte März bis Ende April schon von 6 oder

an) den Austritt von zahlreichen kleinen Schwärmsporen, 8—16—32 und mehr aus einer Zelle, beobachten können. (Der Austritt der Schwärmsporen wird in einem folgenden Abschnitt beschrieben.)

Nebst den noch nicht entleerten Faden von diesem Typus findet man begreiflicherweise auch solche, die bereits alle oder doch einen grossen Theil ihrer Mikrozoosporen entleert haben (Taf. XXXV. Fig. 2a, Taf. XXXVI. Fig. 3 und 4).

b. Gegliederte Faden mit Mikrozoosporen, die noch nicht reif sind. Die Gliederung des Fadens ist der Art, dass je 4 bis 8 bis 16 Zellen augenscheinlich eine gemeinsame Mutterzellmembran erkennen lassen (Taf. XXXI. Fig. 1a, und Fig. 4). Diese 4- bis 8- bis 16zelligen Glieder sind am Faden durch seichte Einschnürungen gegen einander abgegrenzt, eine Erscheinung, die oft noch am entleerten Faden zu erkennen ist. Die Querwände zwischen den einzelnen Zellen dieser Fadenglieder sind oft noch gar nicht, oft nur undeutlich, erst in einem weiter vorgeschrittenen Stadium deutlich zu erkennen (Taf. XXXI. Fig. 4). Auch ist der Inhalt der einzelnen Zellen eines und desselben Gliedes nicht immer gleichartig differenzirt. Während in den einen Zellen eines Gliedes der grüne plasmatische Inhalt in 8 oder 16 Portionen getheilt erscheint, bildet er in einer benachbarten Zelle nur zwei oder 4 Portionen, deren gegenseitige Lage in den verschiedenen Zellen desselben Gliedes auch eine verschiedene sein kann (Taf. XXXI. Fig. 4). Dieser Fadentypus findet sich fast ausschliesslich in jenen Ulothrix-Colonieen, die bis tief in den Sommer an günstigen Standorten ausharren oder durch sorgfältige Cultur erhalten bleiben. In allen von mir beobachteten Ulothrix-Colonieen fand ich von Mitte Mai an nur noch diesen Typus repräsentirt.

c. Ungegliederte Faden mit Makrozoosporen. Ihre Zellen sind meistens mehr oder weniger aufgetrieben und enthalten nur wenige, 1, 2 oder 4 grosse Schwärmsporen, Makrozoosporen (Taf. XXXII. Fig. 1c, Fig. 2, 3abcd). Solche Faden, die ausschliesslich Makrozoosporen bilden, sind im Frühjahr verhältnissmässig selten, während des Winters dagegen vorwiegend, um mit dem Beginn der wärmern Jahreszeit andern Generationen Platz zu machen. Häufiger dagegen ist im Frühjahr folgender Typus:

d. Faden mit beiderlei Schwärmsporen, Makro- und Mikrozoosporen. In den verschiedenen Zellen bilden sich: 1, 2, 4, 8, 16, 32 und mehr Zoosporen. Ein glänzendes Beispiel dieser Art liefert der in Taf. XXXVI. Fig. 1a bis g dargestellte

Faden, ebenso Fig. 2 derselben Tafel. In der Aufeinanderfolge der Zellen mit Makro- und Mikrozoosporen lässt sich an solchen Faden keine Gesetzmässigkeit erkennen. Während in einer Zelle sich 4 grosse Zoosporen bilden, kann in der einen der zwei benachbarten Zellen eine grosse Zahl, 32 und mehr Mikrozoosporen entstehen, während die andere Nachbarzelle bloss 8 oder 16 Zoosporen bildet. Die Zellen solcher Faden sind zur Zeit der Sporen-Entleerung in der Regel etwas tonnenförmig aufgetrieben, was jedoch keineswegs immer beobachtet wird.

e. Junge Faden in vegetativer Entwicklung von glattem cylindrischem Aussehen, aus gleichartigen Zellen bestehend. Der Durchmesser variirt ungemein, ebenso die Länge der Zellen sowohl absolut als relativ. Wenn die einzelnen Zellen kürzer oder nur so lang sind, als der Querdurchmesser beträgt (Taf. XXXI, Fig. 5a und 6a, Taf. XXXVI. Fig. 1g), so bildet der grüne plasmatische Theil des Zellinhaltes einen vollständigen Cylindermantel, welcher die ganze Länge der cylindrischen Zellmembran einnimmt, ohne sich jedoch auf die Querwand auszubreiten, was — vorgreifend bemerkt — erst dann stattfindet, wenn die Zoosporen-Bildung eingeleitet wird. Besteht aber der junge Faden aus cylindrischen Zellen, deren Länge den Durchmesser übertrifft, so nimmt der grüne Plasmagürtel bloss den mittlern Theil, eine Zone der cylindrischen Zellmembran ein (Taf. XXXI. Fig. 5b und 5c), so dass in jeder Zelle über und unter dem grünen Plasmagürtel je noch ein schmälerer oder breiterer Gürtel farbloser Membran zu sehen ist. In jedem grünen Plasmagürtel können etliche grosse kugelige Chlorophyllbläschen und sehr häufig auch deutlich ein farbloser oder graulich durchschimmernder wandständiger Zellkern gesehen werden: Taf. XXXI, Fig. 5a, zk (man vergleiche auch Strasburger, Zellbildung und Zelltheilung pag. 93 u. 94). Der übrige Zellinhalt — innerhalb des Plasmaschlauches und des Chlorophyllgürtels — besteht aus einer wasserhellen Flüssigkeit. Schon Nägeli hat in seinem Werk, die neuern Algensysteme (1847, pag. 137) darauf aufmerksam gemacht, dass „in seltenern Fällen das Chlorophyll auch bloss in so geringer Menge in den Zellen vorhanden ist, dass es nur einen kreisförmigen oder elliptischen Fleck an der Cylinderfläche bildet." Derselbe Autor bemerkt rücksichtlich der Körner ganz richtig: „Ihre Zahl steht in direktem Verhältniss zur Grösse der Chlorophyllschicht; ist diese bloss ein kleiner Fleck, so liegt gewöhnlich mitten in demselben ein einziges

Korn. In einem schmalen Chlorophyllbande befinden sich meist zwei, in einem breitern 3—6 Körner. Um die Körner herum ist die sonst ziemlich dünne Chlorophyllschicht verdickt." Ich füge hinzu, dass das Gleiche von dem wandständigen farblosen oder grauen Zellkern gilt, von dem aus eine grauliche Plasmamasse sich in den Chlorophyllgürtel abflacht.

Dieser Fadentypus e. ist durch Uebergänge mit Typus a, c und d. verbunden, ja an demselben Faden erkennt man nicht selten Fragmente, die zum Theil aus vegetativen, zum Theil aus sporenbildenden Zellen bestehen (Taf. XXXI. Fig. 6 a, b, c, d, Taf. XXXII. Fig. 1, Taf. XXXIV. Fig. 19 und Taf. XXXVI. Fig. 1).

f. Junge gegliederte Faden, deren mehr oder weniger tonnenförmig aufgetriebene Glieder bestehen können:

aus zwei Zellen, Taf. XXXI. Fig. 3a, Fig. 2y'.
" drei " Taf. XXXI. Fig. 2y''.
" vier " Taf. XXXI. Fig. 2z z und Fig. 3b.
" 5—8 " Taf. XXXI. Fig. 3b.

Es leuchtet sofort ein, dass diese Gliederung eine Folge ungleichen Wachsthums der Querwände und der cylindrischen Membranen ist und auf der succedanen Zweitheilung der Zellen beruht. Von diesem Fadentypus führen Uebergänge (Taf. XXXI. Fig. 4) hin zum Typus b., das heisst zu gegliederten Zellfaden, die Mikrozoosporen bilden. In der That gibt es auch Faden, wo alle unter f. und b. beschriebenen Verhältnisse zu gleicher Zeit, nur in verschiedenen Höhen, beobachtet werden können.

Noch ist zu bemerken, dass man nicht selten Faden von dem einen oder dem andern Typus antrifft, die eine von den übrigen Zellen abweichende Fusszelle besitzen (Taf. XXXII. Fig. 1a, Taf. XXXIII. Fig. 5, Taf. XXXV. Fig. 7 und Taf. XXXVI. Fig. 1g). Diese ist in der Regel beträchtlich lang, oft viel Mal länger, als die darauf folgende vegetirende Zelle, auch immer nach unten verjüngt. Die Fusszelle enthält ursprünglich ebenfalls grünes Plasma, das sich aber während des Längenwachsthums der Zelle sehr oft nicht vermehrt, sondern früher oder später abstirbt, indem es sich entfärbt. Die Fusszelle, wenn eine solche vorhanden, ist die einzige Zelle eines Ulothrixfadens, welche sich vor den übrigen Zellen durch ein besonderes Verhalten auszeichnet. Sie bildet, so weit meine bisherigen Untersuchungen darüber einen Schluss zulassen, niemals, wie die andern Zellen, Zoosporen, sondern dient augenscheinlich dem Zweck, die Faden an eine

Unterlage zu befestigen. Ihr unterster Theil ist — wie wir später bei der Betrachtung des Keimprocesses sehen werden — ein haarförmiges Haftorgan, das — zwar selten — sogar verzweigt ist. Es gibt indess auch Ulothrix-Faden, welche der Fusszelle durchaus entbehren; es sind jene Individuen, die, in grösserer Zahl neben einander in einer Mutterzelle keimend, aus gefangen gebliebenen Zoosporen hervorgehen, wie wir in einem spätern Kapitel über die Keimung sehen werden. Nägeli gibt an (Neuere Algensysteme pag. 137), dass die Wurzel von Ulothrix zonata zuletzt aus „einigen" schmalen und langgestreckten Zellen bestehe. Ich habe während meiner mehrmonatlichen Untersuchungen, da mir Hunderte von Individuen aus allen Entwicklungsstadien zu Gesicht kamen, nur äusserst selten, nur ausnahmsweise Ulothrixfaden angetroffen, deren Wurzelstück aus mehreren langgestreckten schmalen und farblosen Zellen bestand, und auch in diesen wenigen Fällen machte mir die Erscheinung den Eindruck, als seien die meisten, d. h. die auf die wirkliche Fusszelle folgenden höher liegenden Wurzelzellen sämmtlich nicht anderes als frühzeitig langgestreckte und nicht mehr in die Dicke wachsende chlorophyllarme vegetative Zellen, die bei eingetretener Plasma-Armuth sich nicht weiter zu theilen vermochten, indess die darauf folgenden Zellen des Fadens freudig weiter assimilirten, in die Länge und Dicke wuchsen und sich wiederholt weiter theilten. Ich constatire, dass diese Erscheinung sich mir als Ausnahmefall erwies. (Vergl. Nägeli, Neuere Algensysteme, Taf. I. Fig. 52.)

Schliesslich habe ich in diesem Abschnitt noch der Dimensionen der Zellen zu gedenken. Ein Blick auf die verschiedenen dieser Abhandlung beigegebenen Tafeln wird sofort klar machen, dass die Dimensionen der vegetativen Zellen sowohl, als auch diejenigen der reproductiven Zellen ungemein variiren. Mit Ausnahme von Taf. XXXI, Fig. 1 sind alle bisher citirten Figuren zu den verschiedenen Fadentypen in einerlei Vergrösserung, 482 : 1, mit Hülfe des Hartnack'schen Immersions-Systems No. 9 gezeichnet. Wohl nirgends weniger als bei Ulothrix zonata bietet das in Linien oder Mikromillimetern angegebene Maass ein brauchbares Merkmal für die Charakteristik der Species. Die grosse Anzahl der in den Kryptogamenfloren aufgezählten Ulothrix-Species war nur erhältlich, wenn man die Dimensionen der Zellen, die Verhältnisse zwischen Länge und Dicke derselben und die Anordnung des grünen Plasma's, Gegliedertsein und Ungegliedertsein und dergl. Merkmale mehr als

leitende Momente bei der Eintheilung in Species gelten liess. Allein ohne Zweifel sind manche der bisher unter verschiedenen Species aufgezählten Ulothrix-Formen nichts anderes, als verschiedene Entwicklungsstadien und nach Ursprung und Zeugung verschiedene Individuen derselben Ulothrix-Species, wie aus der Darstellung der Entwicklungsgeschichte unserer Ulothrix zonata mit Evidenz hervorgehen wird. Die Sichtung des diesbezüglichen Materiales muss einer spätern Arbeit zugetheilt werden. Wer die Entwicklungsgeschichte von Ulothrix zonata hinreichend kennt, muss Nägeli beistimmen, der schon im Jahr 1847 in seinen „Neuern Algensystemen“ pag. 137 (Anmerkung 4) erklärte: „Kützing hat in der Phycologia germanica (pag. 196) achtzehn Arten von Ulothrix unterschieden, welche vorzüglich durch die Dicke der Fäden und die Länge der Glieder sich auszeichnen. Ich könnte Kützing nicht beistimmen, dass diesen Formen ein specifischer Werth beigemessen werden dürfe. In einem Rasen finde ich häufig mehrere der Kützing'schen Arten beisammen, aber zugleich mit allen möglichen Mittelstufen.“ Dieser Ausspruch Nägeli's dürfte noch schärfer zur Geltung kommen gegenüber den mehr als 40 Ulothrix-Arten, die Kützing in seinem „Species algarum“, Leipzig 1849, aufzählte. Auch Rabenhorst zählt in seiner Kryptogamen-Flora 16 Species von Ulothrix auf. Ich wage — gestützt auf meine eigenen Beobachtungen — die Vermuthung auszusprechen, dass sämmtliche Ulothrix-Species von Kützing, Rabenhorst u. A. auf einige wenige Formen zurückzuführen sind und constatire, dass das absolute Längen- und Dickenverhältniss der Zellfaden ein sehr problematisches Criterium der Species abgibt.

Dessen ungeachtet lasse ich hier einige Angaben über die Dimensionen der Zellen nach meinen eigenen Messungen folgen.

Die kraus durch einander liegenden, spiralig aufgewundenen, perlschnurartigen Faden mit Mikrozoosporen (Typus a., Taf. XXXI, Fig. 1b) haben folgende Grössenverhältnisse:

Querdurchmesser 18-20 Mikromm.; Länge der Zellen 5-13 Mikromm.
Verhältniss zwischen Querdurchmesser und Länge = 1:0,3—1:0,6.

Die gegliederten Faden mit noch nicht völlig reifen Mikrozoosporen (Typus b., Taf. XXXI. Fig. 1a und Fig. 4) haben folgende Dimensionen:

Querdurchmesser 14,5—21,7 Mkmm.; Länge der Zellen 5-11 Mkmm.
Verhältniss zwischen Durchmesser und Länge = 1:0,3—1:0,7.

Die Faden von Typus c., vorwiegend mit Makrozoosporen

(Taf. XXXII. Fig. 1, 2, 3) bestehen aus Zellen, die folgende Dimensionen besitzen:

Querdurchmesser 12-14 Mikromm.; Länge der Zellen 8-14 Mikromm.
Verhältniss zwischen Durchmesser und Länge = 1 : 1 — 1 : 0,6.

Hier finden wir vorwiegend isodiametrische Zellen, bei denen in der Regel der Querdurchmesser der Länge gleichkommt. Durch Halbirung einer etwas längern Zelle wird schliesslich das Verhältniss = 1 : 0,5 bis 1 : 0,6 hergestellt.

Die verschiedensten Dimensionen bieten die Zellen von Faden des Typus d. mit beiderlei Zoosporen (Taf. XXXVI. Fig. 1a—g und Fig. 2).

Jene Verhältnisse sind z. B. bei dem üppig entwickelten Faden in Taf. XXXVI. folgende:

Querdurchmesser 30-35 Mkmm.; Länge der Zellen 6,22 - 19,7 Mkmm.
Verhältniss zwischen Durchm. u. Länge der Zellen = 1 : 0,5—1 : 0,66.

Dabei macht sich durchaus keine Beziehung zwischen der Länge der Zellen und dem Inhalt derselben (ob Makro- oder Mikrozoosporen) geltend, so dass es Zellen gibt, deren Länge bloss ein Fünftel, andere, deren Länge zwei Drittel des Querdurchmessers ausmacht, gleichviel ob sie bloss 2 oder 4, oder aber 8, 16, 32 oder noch mehr Zoosporen enthalten. Einzig der Umstand ist in die Augen springend, dass an diesem interessanten Faden (Taf. XXXVI. Fig. 1a—g) alle Zellen bedeutend kürzer sind, als ihre Querdurchmesser.

Dies Verhältniss scheint die allgemein gültige Regel darzustellen, die sich dahin präcisiren lässt: Alle reproductiven Faden von Ulothrix zonata bestehen im Stadium der Zoosporen-Bildung, seien diese Fortpflanzungszellen Makro- oder Mikrozoosporen, aus Zellen, deren Länge um ein Beträchtliches hinter dem Durchmesser zurückbleibt.

Immerhin gibt es, wenn auch selten, Ausnahmen von dieser Regel, wie Fig. 2c und d in Taf. XXXVI. zeigt, wo einige reproductive Zellen vorhanden sind, deren Länge genau dem Querdurchmesser entspricht.

Auf der einen der zwei im Frühjahr 1870 gezeichneten Tafeln von Ulothrix zonata finde ich sogar einen Faden mit reifen Mikrozoosporen dargestellt, bei welchen zwei auf einander folgende Zellen eine Länge von je 33,18 Mikromm. besitzen, während der Querdurchmesser bloss 16,5 Mikromm. beträgt, so dass wir hier ausnahmsweise das umgekehrte Verhältniss vor uns haben, nämlich Zellen mit reifen Zoosporen, die doppelt so lang sind, als der Durchmesser.

Sehr verschieden sind weiterhin auch die Dimensionen der Zellen an den Faden von Typus e, das heisst junger vegetirender Faden von glattem cylindrischen Aussehen (Taf. XXXI. Fig. 5 a b c).

Querdurchmesser.	Länge der Zellen.	Verhältn. zwischen Durchm. u. Länge.
Faden 5a. = 16,6 Mkmm.	12,4—18,6 Mikromm.	1:0,75 bis 1:1,12
Faden 5b. = 16,6 „	18,6—24,9 „	1:1,12 bis 1:1,5
Faden 4c. = 16,6 „	26,9—41,5 „	1:1,62 bis 1:2,5.

Dies letztere Verhältniss, wobei die Zellen 1½ bis 2½ Mal so lang erscheinen, als der Durchmesser beträgt, ist das extremste an vegetativen Faden beobachtete. Dabei sind natürlich die ausserordentlich langgestreckten Fusszellen, die 10—20 Mal länger werden können, als der Querdurchmesser, nicht berücksichtigt. (Vergl. die Fusszelle bei g in Fig. 1, Taf. XXXVI., ebenso die Fusszellen der Keimlinge in Taf. XXXIII. und XXXV.)

Innerhalb der oben angeführten Verhältnisse bewegen sich auch die Dimensionen der Zellen von dem Faden-Typus f. (Taf. XXXI. Fig. 3 a, b und Fig. 4.)

Es ist einzig noch zu bemerken, dass in gegliederten Faden, bei denen die Zerklüftung des Plasmas zum Zwecke der Schwärmsporenbildung bereits begonnen hat, die Theilung der Gliederzellen so rasch erfolgt, dass die Zoosporen-Mutterzellen unmittelbar nach der Theilung sogar zwei bis drei Mal kürzer sind, als der Querdurchmesser (Taf. XXXI. Fig. 4).

Viel geringer als alle die angeführten Dimensionen sind die Längenverhältnisse bei den Keimlingen, welche aus Mikrozoosporen hervorgingen und erst eine geringe Anzahl von Zellen gebildet haben (Taf. XXXV.). Diese Keimlinge werden aber leicht als solche erkannt, so dass ich von der Angabe der Dimensionen abstrahire, um so mehr, als diese letzteren für die Ulothrix-Arten kaum als Charaktermerkmal benützt werden können.

Fassen wir die aus diesen Angaben zu ziehenden Argumente zusammen, so ergibt sich:

1) Ausgewachsene, Zoosporen bildende Faden von Ulothrix zonata besitzen einen Durchmesser von 12,5 Mikromm. (Taf. XXXIV. Fig. 19) bis 35 Mikromm. (Taf. XXXVI. Fig. 1 a—g.)
2) Die Zellen, welche Zoosporen bilden, sind zur Zeit ihrer Entleerung in der Regel kürzer, oft bloss halb so lang, manchmal bloss ein Drittel bis ein Fünftel so lang als dick.

Sehr selten sind Länge und Dicke einander gleich, in den seltensten Fällen übertrifft die Länge der Zoosporen-Mutterzellen den Durchmesser.

3) Das Längenverhältniss der Zellen variirt während der vegetativen Entwicklung derart, dass der Querdurchmesser der Zellen bald grösser ist, als die Länge, bald aber hinter der Länge bedeutend zurückbleibt. An Zellen bloss vegetirender Faden schwankt das Verhältniss zwischen Durchmesser und Länge von 1 : 0,25 bis 1 : 2,5.[1])

Die Faden selbst, d. h. die ganzen Individuen — wenn wir nämlich nicht jede einzelne Zelle als Individuum auffassen — können mehrere Centimeter lang werden. Am Springbrunnen vor dem Polytechnicum in Zürich kann man im Februar und März 10 bis 20 Centimeter lange Fadenbündel von den Wasserbecken herniederhängen sehen. Am 27. März 1876 habe ich an genannter Stelle Ulothrix-Faden abgenommen, welche in Büscheln von 30—50 Ctm. Länge die üppigste Entwicklung zeigten, welche ich bis jetzt an dieser Alge wahrgenommen habe. Der in Fig. 1 a—g Taf. XXXVI. dargestellte Faden misst ca. 2 Centimeter. Andere Zoosporen-bildende Faden wurden beobachtet, die nur einige Millimeter lang waren.

II. Längen- und Dickenwachsthum der Zellreihen.

a. Das Längenwachsthum

der Faden von Ulothrix zonata ist ein intercalares, d. h. allseitiges, jede Zelle des ganzen Fadens in Anspruch nehmendes. Alle Zellen, vom Scheitel bis zum Fuss des Fadens, verhalten sich gleich; sie strecken sich im vegetativen Zustand so lange, bis ihre Länge dem Querdurchmesser gleichkommt, oder diesen übertrifft. Dabei zieht sich der grüne Plasma-Gürtel von den beiden an die Querwände grenzenden Partieen der cylindrischen Zellmembran auf eine Zone

1) Kützing hat in seiner Phycologia generalis, Taf. 80, (1843) verschiedene Entwicklungsstadien von Ulothrix zonata ganz musterhaft dargestellt. Die Verhältnisse zwischen Länge und Dicke der Fadenzellen bewegen sich aber dort nicht innerhalb der oben angeführten Extreme, so dass bei seiner Diagnose von Ulothrix zonata in der Phycologia germanica 1845 pag. 196 der Ausdruck: „Glieder so lang als der Durchmesser“ und in seinen Species algarum 1849 dieselbe Angabe („diam. ad 1/80‴; articulis diametro aequalibus“) zum Theil erklärbar ist. Indessen enthält die genannte Tafel von Kützing auch ein Fadenfragment (Fig. 16), bei welchem der Durchmesser kaum mehr als die Hälfte der Zelllänge ausmacht. [Vergl. auch die Angaben von Nägeli (Neuere Algensysteme pag. 137) und Alex. Braun (Die Verjüngung, pag. 159) über die Zelldimensionen von Ulothrix zonata].

der letztern zurück und zwar so, dass der grüne Plasmagürtel die mittlere Partie der cylindrischen Wand occupirt, niemals über und unter der halben Zelllänge situirt ist, ausgenommen bei den langgestreckten Fusszellen kräftig vegetirender, erst aus einer geringen Zahl von Zellen bestehenden Keimpflanzen, wo der grüne Plasmagürtel, wenn er überhaupt noch vorhanden ist, oft im obern Theil der Fusszelle eine Querzone bildet (Taf. XXXIII. Fig. 2, 4, 5, Taf. XXXV. Fig. 4). Sehr früh und ganz regelmässig macht sich diese gürtelförmige Anordnung des grünen Plasma's während des Längen-Wachsthums in den Zellen solcher Keimpflänzchen geltend, welche aus Makrozoosporen hervorgehen (Taf. XXXIII, Fig. 1, 2, 3, 4), während sie erst später bei jenen Keimlingen auftritt, welche aus Mikrozoosporen hervorgehen, die sich nicht copulirten, sondern sofort keimten, und zwar gilt dies sowohl von den in der Mutterzelle keimenden Mikrozoosporen-Abkömmlingen, als auch von jenen, die aus nicht copulirten wirklichen Schwärmsporen entstehen. Bei jungen Zellfaden der letztern Kategorie nimmt der grüne Plasma-Gürtel die ganze Länge der cylindrischen Zellmembran ein, auch wenn die Länge der Zelle den Durchmesser überragt (Taf. XXXI. Fig. 2). Es wurde dies namentlich an den gegliederten Faden beobachtet; allein auch bei diesen nimmt schliesslich, nachdem das Individuum eine beträchtliche Länge erreicht hat, der grüne Plasma-Gürtel nur noch einen Theil der cylindrischen Membran ein.

Hat die Zelle eine gewisse Länge erreicht, so wird sie durch eine Querwand in zwei gleich grosse Tochterzellen halbirt und zwar so, dass der grüne Plasma-Gürtel der Mutterzelle dabei in zwei ähnliche Portionen getheilt wird, von denen jede sich rasch auf die mittlere Partie der cylindrischen Längswand der Tochterzelle zurückzieht, es sei denn, dass der Plasmagürtel der Mutterzelle bei der Theilung die ganze Länge der Cylinderwand occupirt habe (Taf. XXXI. Fig. 3a und 5a). Sehr gut gezeichnet und auch richtig gedeutet sind diese Zelltheilungsvorgänge und die damit verbundene Differenzirung des grünen Plasma's bei Ulothrix zonata in der „Phycologia generalis“ von Kützing (Taf. 80, Fig. 1, 2, 3 und 16), welche Darstellung mir erst geraume Zeit nach der Anfertigung meiner Tafeln zu Gesicht kam. Kützing's eben angeführte Figuren stimmen mit den entsprechenden Figuren meiner Tafeln so vollständig überein, dass sich beide Darstellungen gegenseitig ergänzen und verificiren. Dagegen muss ich schon an dieser

Stelle bemerken, dass andere Figuren der gleichen Kützing'schen Tafel meinen eigenen Beobachtungen nicht conform sind und auch manche Partieen der Kützing'schen Darstellung im Text zu jener Tafel nach meiner Ansicht einer Correctur bedürfen, wie wir in der Folge sehen werden.

Ueber die Rolle, welche der wandständige, halbkugelige Zellkern bei der Theilung der vegetativen Mutterzellen spielt, hat Strasburger in seiner letzten Arbeit über „Zellbildung und Zelltheilung“ (pag. 93 und 94) ausführlich Bericht erstattet, so dass ich an dieser Stelle darauf verzichten kann, die Details des Theilungsprocesses zu recapituliren. Ich habe bloss die Bemerkung hinzuzufügen, dass man keineswegs in allen vegetativen Ulothrixzellen einen Zellkern findet, sondern dass dieser häufig fehlt. Ob ein solcher kurz vor oder während des Theilungsprozesses in allen vegetativen Zellen vorhanden ist, oder ob die Zelltheilung bei der einen oder andern Faden-Categorie ohne die Anwesenheit eines Zellkernes stattfinden kann, wage ich nicht zu entscheiden.

Die Tochterzellen entwickeln sich nach der Theilung so weit, bis sie die Organisationsstufe der Mutterzelle erreicht haben, um sich dann ebenfalls zu theilen.

Indem sich abwechselnd Zellstreckung und Bildung neuer Querwände folgen, wächst der Faden rasch in seiner ganzen Länge, indess die Fusszelle oft längere Zeit ungetheilt bleibt und in der Regel dann bloss an der Streckung participirt. Bei dieser Streckung der Fusszelle bleibt die Weiterbildung und Differenzirung des grünen Plasmas zurück, so dass letzteres nur einen kleinen Bruchtheil der Zellmembran bekleidet (Taf. XXXVI. Fig. 1 g) oder schliesslich ganz degenerirt und verschwindet (Taf. XXXIII. Fig. 4 und 5). Dieses frühe Zurücktreten der Fusszelle vom Zelltheilungsprocess des Fadens findet aber keineswegs immer statt. In sehr vielen Fällen theilt sich die Fusszelle wiederholt eben so lange, als jede andere Zelle desselben Fadens.

Meine Beobachtungen an Ulothrix zonata gestatten ebenfalls keiner andern Ansicht Raum, als dass die Zelltheilung meistens während der Nacht vor sich gehe. Jedoch kann ich nicht verhehlen, dass manche Thatsachen darauf hindeuten, dass die Bildung von neuen Querwänden auch am frühen Morgen unter der Einwirkung des Tageslichtes vor sich geht. Aehnliches hat Pringsheim und neuerdings auch Strasburger an Spirogyra beobachtet. Letzterer (Zellbildung und Zelltheilung, pag. 93 u. 94) beschreibt die Zell-

theilung bei Ulothrix, wie er sie in den Vormittagsstunden beobachtete.

An jungen lebhaft vegetirenden Faden folgen die Zelltheilungen und Streckungen so rasch auf einander, dass die Ausdehnung der Querwände ursprünglicher Mutterzellen mit dem Wachsthum der Cylinderwände der Tochterzellen nicht gleichen Schritt hält, wobei an den Faden jene Einschnürungen resultiren, die die ganze Zellreihe aus 2- bis 4- bis 8- oder mehrzelligen Gliedern zusammengesetzt erscheinen lassen (Taf. XXXI. Fig. 2, 3, 4). Jedes dieser 2- und mehrzelligen Glieder entspricht einer ursprünglichen Mutterzelle, die durch succedane Zweitheilungen in einer grössern oder geringern Zahl von Gliederzellen aufging. Sind die Faden schon beträchtlich dick, so erscheint die Cylinderwand der ganzen Länge des Fadens nach scheinbar aus zwei Membranen bestehend (Taf. XXXI. Fig. 3, 4; Taf. XXXVI. Fig. 1a—g) was dort um so deutlicher hervortritt, wo die Glieder aus 4—8 Zellen bestehen und jede Tochterzelle das Bestreben kundgibt, sich so gut als möglich abzurunden. Ueber den Bau der aus drei Membranschichten bestehenden Zellwand von Ulothrix gibt Strasburger (l. c. pag. 65—69) Aufschluss.

Alex. Braun hat in seiner „Verjüngung in der Natur" pag. 158, 159 Ulothrix zonata als Beispiel einer Fadenalge mit „unzweifelhaft terminaler Fortbildung der Zellreihe (zellbildendes Spitzenwachsthum)" angeführt. Meine Beobachtungen an derselben Alge wiedersprechen der Braun'schen Darstellung, nach welcher der junge Ulothrix-Faden lange Zeit bloss mit einer sich fortwährend streckenden und succedan theilenden Scheitelzelle in die Länge wachsen soll. Braun spricht der Wurzelzelle und den zunächst auf sie folgenden Gliederzellen das Vermögen ab, sich weiter zu theilen; auch sollen sie unfruchtbar sein (l. c. pag. 159); „die folgenden Gliederzellen dagegen theilen sich, nachdem sie ungefähr die doppelte Länge ihres Querdurchmessers erreicht haben, in zwei gleichwerthige Zellen, also in Zellen zweiter Ordnung zweiter Generation, wodurch, da keine weitere Längendehnung mehr eintritt, Zellen entstehen, welche ungefähr gleiche Länge und Breite haben. Noch weiter nach vorn, also im dickern Theil des Fadens, wiederholt sich diese Theilung noch ein bis zweimal, so dass Zellen zweiter Ordnung dritter oder vierter Generation entstehen, welche nur ½ bis ¼ mal so lang als breit sind." Schon aus Kützing's Figuren (Taf. 80 der Phycol. gen.), noch viel deutlicher aber aus meinen dieser

Arbeit beigegebenen Tafeln geht hervor, dass das Längenwachsthum der Faden von Ulothrix zonata ein intercalares, allseitiges ist. (Vergl. unten das Kapitel über die Keimung.)

b. Das Dickenwachsthum

ist bei ältern Faden, die aus einer beträchtlichen Zahl von Zellen bestehen, im Ganzen und Grossen ebenfalls ein allseitiges, d. h., die meisten Faden von Ulothrix zonata wachsen der ganzen Länge nach gleichmässig in die Dicke; wiederum bleibt die langgestreckte Fusszelle ausgenommen, deren unterster hyaliner Theil eher einem Wurzelhaar als einer normal entwickelten Fadenzelle gleicht, während der obere Theil derselben Fusszelle ebenso lang in die Dicke wächst, als die zunächst darauf folgende vegetative und mit einem Plasmagürtel versehene Fadenzelle.

Auffallend gesetzmässig geht das allseitige Dickenwachsthum bei jenen Ulothrix-Faden vor sich, die aus Makrozoosporen hervorgehen (Taf. XXXII. und XXXIII.). Die Faden sind fast der ganzen Länge nach gleich dick, nur gegen die Fusszelle hin — namentlich in jüngern Stadien — etwas verjüngt. Anders verhält es sich bei manchen Faden, die aus nicht copulirten Mikrozoosporen hervorgehen, nachdem diese geschwärmt haben und zu keimen vermögen. Dort finden wir jene gegliederten Individuen, die ich oben (Abschnitt I.) unter Fadentypus f. angeführt habe, bei denen nicht alle Stellen des Fadens von gleichem Durchmesser erscheinen, sondern regelmässig auf einander folgende oft in zwei Graden abgestufte Einschnürungen beobachtet werden (Taf. XXXI. Fig. 2, 3, 4). Diese letzteren sind, wie schon bemerkt worden, die Folge eines langsameren Wachsthumprocesses der Querwände, wobei die rascher sich dehnenden cylindrischen Längswände an allen jenen Stellen in tangentialer Richtung gehemmt und daher zur Bildung gürtelförmiger Einschnürungen gezwungen werden. Diese Einschnürungen werden meist durch nachträgliches Wachsthum der betreffenden Querwände wieder verwischt, so dass sie zur Zeit der Sporen-Entleerung sehr oft nicht mehr beachtet werden.

Aus diesen Facta geht hervor, dass Alex. Braun ohne Zweifel nur ganz junge Individuen (Zellreihen) gesehen hatte, als er zu dem Schlusse kam: „Die einmal gebildeten Fäden von Ulothrix zonata wachsen nicht weiter in die Dicke, nehmen jedoch von der Basis nach der Spitze hin in der Art allmälig an Dicke zu, dass die vorderen Theile oft 3—4 Mal dicker erscheinen, als die hinteren,

der Wurzel näher liegenden.“ (Verjüngung, pag. 159.) Aus meiner Untersuchung resultirt, dass auch die der Fusszelle zunächst liegenden Fadenzellen nachträglich noch so stark in die Dicke wachsen, dass sie — die anfangs beträchtlich dünner waren, als die oberen scheitelsichtigen Fadenzellen — schliesslich denselben Querdurchmesser besitzen, wie alle übrigen Zellen desselben Fadens.

III. Zoosporen-Bildung.

Nachdem ich alle möglichen Stadien der Entwicklung von Ulothrix-Faden untersucht und in zahlreichen, mit Hülfe des Prismas angefertigten Zeichnungen fixirt habe, bin ich im Falle, von der Zoosporen-Bildung folgende Darstellung, die in manchen Punkten von all den bisherigen Darstellungen über den gleichen Process bei Ulothrix wesentlich abweicht, zu geben.

Die Bildung der Zoosporen beginnt bei den genügend entwickelten Faden in der Regel am Scheitel und schreitet von da successive gegen das Basalstück, resp. gegen die Fusszelle vor, ohne diese selbst in Mitleidenschaft zu ziehen. Wohl habe ich in unmittelbar über dem Fuss liegenden Zellen Zoosporen entstehen und ausschlüpfen gesehen, niemals aber in der Fusszelle selbst Zoosporen beobachtet (Taf. XXXI. Fig. 6 a, b. c. d.), Taf. XXXII. Fig. 1 a. b. c. d und Taf. XXXVI. Fig. 1 a—g). Mit diesem Zoosporen-Bildungsprocess, der also in basipetaler Richtung vorschreitet, wie dies an solchen Faden, die eine langgestreckte Fusszelle wirklich besitzen, beobachtet werden kann, geht parallel auch die successive Entleerung der einzelnen Zellen des Fadens, die aber keineswegs eine ausnahmslose gesetzliche Strenge beibehält. Allerdings lässt sich leicht constatiren, dass die Entleerung längerer auf einander folgender Fadenstücke im Grossen und Ganzen in basipetaler Folge vor sich geht, allein wir können doch nicht selten Faden finden, bei denen tiefer stehende Zellen sich früher entleeren, als höher stehende (Taf. XXXII. Fig. 1 a. b. c. d.; Taf. XXXIV. Fig. 19 a. b.; Taf. XXXVI. Fig. 1 a—g.).

Die Einleitung zur Zoosporenbildung gibt sich dadurch zu erkennen, dass der grüne Plasmagürtel der in lebhafter Theilung begriffenen vegetativen Zellen sich mehr und mehr verbreitert, bis er die ganze Länge der cylindrischen Zellwand einnimmt und

oben und unten auf die Querwände überbiegt, bis er schliesslich auch diese letzteren ganz bedeckt und somit aus einem gürtelförmigen Band zu einer vollständigen Auskleidung der ganzen Innenwand der Zelle geworden ist. (Vergl. auch Strasburger, l. c. pag. 154.) Es tritt dieser Process ganz besonders deutlich an Fig. 6 a und b in Taf. XXXI., sodann an Fig. 1 a und b in Taf. XXXII., wo zwei aufeinander folgende Stücke desselben Fadens gezeichnet sind, und endlich an Fig. 19 a in Taf. XXXIV. hervor.

Von da an verhalten sich nun die Zellinhalte verschieden, je nachdem bloss 1 oder 2, 4, 8, 16, 32 und mehr Zoosporen entstehen sollen.

Im ersteren Falle, bei der

Bildung einer einzigen grossen Zoospore

sucht sich der Zellinhalt alsbald abzurunden, die einzelnen Zellen schwellen mehr oder weniger tonnenförmig an und verleihen dem Faden in höherem oder geringerem Grade das Aussehen einer Perlschnur (Taf. XXXIII. Fig. 1 c., Fig. 2 und Fig. 3 a.). Nachher sieht man die grünen Plasmamassen sich in dickeren Lagen auf einen Theil der Innenwand der Zelle concentriren, während an andern Stellen die in der Regel an dem cylindrischen Theil der Zellmembran, nicht aber an den Querwänden beobachtet werden [illegible]

[illegible]

[illegible] spricht nicht hiervon, sondern [illegible] 2–8 Mikrozoosporen, [illegible] der Mikrozoosporen [illegible] Bildung der Schwärmsporen verweisen müsse. [illegible]

Wintergenerationen von Ulothrix zonata während allen Monaten vom November an bis zum März in fortwährend frisch gesammeltem Material (vom Springbrunnen) beobachtet habe, erübriget mir, hier beizufügen, dass die Bildung einer einzigen Zoospore in einer Mutterzelle vorwiegend an solchen Faden beobachtet wird, die in der grossen Mehrzahl ihrer Zellen zwei Zoosporen erzeugen, während ich niemals einen Faden zu Gesicht bekam, der in seinen Zellen ausschliesslich bloss einzelne Zoosporen bildete. Die Bildung einer einzeln entstehenden Zoospore ist daher ein relativ seltener Fall, woraus sich erklärt, warum diese Erscheinung bis jetzt übersehen wurde. Sie unterbleibt an der von mir beobachteten Ulothrix-Form in der wärmeren Jahreszeit vollständig.

Bildung zweier (Makro-) Zoosporen.

Bei der Bildung zweier (Makro-) Zoosporen in einer und derselben Mutterzelle sehen wir die grünen Plasmapartieen sich der Hauptmasse nach erst an die obere und untere Querwand zurückziehen, so dass diejenige Partie der cylindrischen Zellmembran, welche früher den grünen Plasmagürtel trug, nun am hellsten erscheint, während die obere und untere Hälfte der Zelle eine dichtere Masse kappenförmig angeordneten Plasmas besitzt, das im optischen Längsschnitt (in der medianen Längsansicht) als hufeisenförmiger Wulst von der Querwand aus gegen die Mittelzone der Cylinderwand sich öffnet (Taf. XXXII. Fig. 1bb″ und Taf. XXXIII. Fig. 4 x). Bald darauf biegen die Schenkel der zwei gegen einander geöffneten Hufeisen auf den Aequator der Cylinderwand über und bilden dort entweder einen vollständigen oder nur fragmentarischen Gürtel lebhaft grünen Plasmas; oder aber: es ändern die zwei kappenförmig angeordneten grünen Plasmapartieen ihre Lage der Art, dass sie zum grössten Theil sich auf der einen Hälfte der cylindrischen Zellmembran ausbreiten und von der Seite gesehen ihre Hufeisenschenkel einerseits an die obere und untere Querwand, anderseits mitten und quer über die cylindrische Membran vorschieben (Taf. XXXI. Fig. 6 c. d.).

Hierauf folgt die Bildung eines vollständigen Diaphragmas mitten und quer durch die cylindrische Zelle, wodurch der ganze Zellinhalt in zwei geschlossene Massen, die scharf gegen einander abgegrenzt sind, getheilt wird, welche die beiden Makrozoosporen darstellen. Strasburger, l. c. pag. 154, nennt diese beiden Plasma-Massen kurzweg „Zellen". Er sagt von der Bildung der

selben: „Ueberzieht die Chlorophyllschicht nur als dicker Beleg die Wände, so schreitet die Anlage der Hautschicht zwischen den beiden werdenden Zellen, wie auch sonst (bei der Theilung der vegetativen Zellen) ringförmig beginnend, von der Peripherie nach innen fort, der Unterschied ist nur, dass keine Cellulose-Membran gleichzeitig ausgeschieden wird, oder doch wenigstens nicht zur Membran erhärtet. In den seltenern Fällen, wo die Chlorophyllplatte quer durch die Zelle in der Ebene der Theilung ausgespannt ist, kann die Bildung der Hautschicht in dieser simultan vor sich gehen.“

Strasburger sah auch wiederholt in den beiden durch Theilung gebildeten „Zellen“ Zellkerne, „zum Beweis, dass der Zellkern der Mutterzelle sich ebenfalls getheilt und seine beiden Hälften sich in gewohnter Weise differenzirt hatten.“ Er fügt indess hinzu, dass er freilich Zellkerne in den zwei fertigen Makrozoosporen einer Mutterzelle nicht erblicken konnte, was ich nach neuerdings angestellten Untersuchungen begreiflich finde, da bei den vielen hundert Makrozoosporen, die — je zu zwei in einer Mutterzelle entstanden — mir zu Gesicht kamen, bei ihrem Platzen kurz nach dem Austritt aus der Mutterzelle, nie ein Zellkern zu sehen war.

Jede Zoospore erhält im letzten Bildungsstadium noch den rothen Pigmentfleck („Augenpunkt“) der meistens an einer der Querwand der Mutterzelle zugekehrten Partie der Makrozoospore entsteht.

Strasburger (l. c. pag. 155) bemerkt übereinstimmend mit meinen Beobachtungen, das der „rothe Strich“ gewöhnlich an den beiden von einander abgekehrten Flächen der Schwesterschwärmsporen sich zeige, viel seltener an der zugekehrten Fläche, „nie aber etwa in der einen Zelle (Makrozoospore) hier, in der andern dort.“

Unmittelbar vor dem Austritt der zwei Makrozoosporen erscheint die grösste Masse des grünen Plasma's auf der einen Seite der Cylinderwand der Mutterzelle, während die hellere hyaline Partie der Makrozoosporen der diametral gegenüberliegenden Portion der cylindrischen Wand zugekehrt erscheint (Taf. XXXI. Fig. 6, Taf. XXXII. Fig. 3 b. c. d.). Dabei muss auffallen, dass die Makrozoosporen, wenn sie in den Zellen eines Fadens zu zweien entstehen, keineswegs im gleichen Sinne angeordnet erscheinen. Wohl gilt dies von den zwei in einer und derselben Mutterzelle liegenden Makrozoosporen; beide sehen mit dem hyalinen Ende nach derselben

Seite. Aber die Makrozoosporen der auf einander folgenden Zellen desselben Fadens sind nach verschiedenen Richtungen des Horizontes geordnet. Denken wir uns den sporenbildenden Faden aufrecht vor uns stehend, so sind die Makrozoosporen-Axen (vom grünen hintern Pol durch das vordere hyaline Ende gehend) in den einen Zellen von Süd nach Nord, in den andern Zellen von Ost nach West gerichtet. Jedoch muss ich beifügen, dass mir ein gesetzmässiger Wechsel in dieser Anordnung nicht auffiel, wohl aber, dass der Anordnung der Makrozoosporen entsprechend auch die Entleerung derselben von der Fadenaxe aus nach verschiedenen Richtungen vor sich geht.

Es mag hier auch die passende Stelle sein, zu bemerken, dass es Ulothrixfaden gibt, die in ihren Zellen regelmässig nur zwei Makrozoosporen bilden, dass aber auch solche angetroffen werden, bei denen in den einen Zellen nur 1, in den andern Zellen zwei Makrozoosporen entstehen, dass aber auch im letztern Falle kein gesetzmässiger Wechsel zu beobachten ist. Meine Schülerin, Fräulein Carolina Port, stud. phil. traf bei der Untersuchung einer Draparnaldia zufällig einen Ulothrix-Faden, an dem auf einer Strecke successive auf einander folgten: erst eine Reihe von Zellen mit je 1 Makrozoospore, dann zwei Zellen mit je 2 Zoosporen, dann 4 Zellen mit je einer, hierauf vier Zellen mit je zwei Makrozoosporen, worauf entleerte Zellen folgten und hernach wieder Zellen mit bald 1, bald 2 Makrozoosporen. Die Bildung von zwei Makrozoosporen findet vorwiegend in der rauhen Jahreszeit statt, dagegen nicht im vorgerückteren Theil des Frühlings oder im Sommer. Massenhaft beobachtete ich sie in den Monaten November, December, Januar, Februar und Anfang März, da die Ulothrixbündel sehr häufig und oft sehr lange Zeit in starren Eiszapfen eingefroren waren.

Bildung von vier Makrozoosporen.

Die Bildung von vier Makrozoosporen ist eine weitergehende Zerklüftung des plasmatischen Inhaltes der Mutterzelle und kam bei der von mir untersuchten Ulothrix weniger häufig vor, als die Bildung zweier Makrozoosporen. Am häufigsten beobachtete ich sie ebenfalls während der Wintermonate, vom November bis März, namentlich gegen das Frühjahr hin, im Januar und Februar.

Vor allem aus ist zu bemerken, dass die Masse des grünen chlorophyllhaltigen Plasmas in solchen Zellen, welche mehrere

Zoosporen bilden, mehr vorwiegt, als in bloss vegetativen Zellen oder selbst in Mutterzellen von einer einzigen, oder bloss 2 Makrozoosporen. Sodann gilt auch hier dasselbe Gesetz, dass die grünen Plasmapartieen des Zellinhaltes sich stets längs der Innenwand der Zelle anordnen, so dass die wässerigen Inhaltspartieen das Centrum der Zelle einnehmen. Auch sprechen alle meine bisherigen Beobachtungen dafür, dass die ganze wandständige grüne Plasma-Masse der Mutterzelle sich zuerst in horizontaler, zur Längsaxe des Fadens senkrechter Richtung in zwei Partieen theilt, ganz so, als ob nur zwei Makrozoosporen entstehen sollten. Hierauf folgt eine nochmalige Zerklüftung des Plasmas in anderer Richtung, nämlich in der Richtung der Längsaxe des Fadens (vergl. Taf. XXXVI. Fig. 2 a und bei Fig. 2 c die oberste Zelle, sowie mehrere Zellen in Fig. 1 bei k, woselbst sich aber der Einfluss des Glycerins in der Verschiebung mancher Zoosporen bei der Contraktion geltend machte). Hiermit stimmt die Angabe Strasburger's (l. c. pag. 155), dessen Arbeit längere Zeit nach Abfassung dieses Capitels erschien, überein, wenn er sagt: „Sollen mehr als zwei Schwärmsporen sich bilden, so theilen sich die beiden Schwesterzellen (die Produkte der ersten Theilung des plasmatischen Inhaltes der Mutterzelle) vor der Bildung der rothen Striche noch einmal unter rechtem Winkel zu der ersten Theilung und zwar entweder beide in derselben Ebene oder, wie gewöhnlich, über's Kreuz. Die Theilung selbst kann von der Peripherie nach Innen vorschreiten, oder sie geschieht, wie gewöhnlich, simultan in einer zuvor gebildeten Protoplasmaplatte. In diesen Platten kann man dann auch stets wieder die Trennung durch schwarze Punkte eingeleitet sehen.“ — Allerdings können die 4 Plasmaportionen bei dem Bestreben, sich abzurunden, auch in der lebenden Zelle schliesslich so verschoben erscheinen, dass sie leicht zu dem Schlusse Anlass geben, es sei die Zerklüftung des Plasmas in zufälliger Richtung, ja vielleicht von Anfang an nur in der Richtung der Längsaxe des Fadens (statt erst senkrecht zu dieser) erfolgt, so dass die 4 Zoosporen, statt in zwei Etagen über einander liegend, alle in einer Horizontal-Ebene angeordnet sind.

Nägeli (Die neuern Algensysteme 1847) gibt eine andere Darstellung der Theilungsvorgänge des Zellinhaltes. „Die Zellen theilen sich durch eine gewöhnlich senkrechte Wand in zwei Tochterzellen, von denen jede wieder, wie die Mutterzelle entweder ganz mit grünem Inhalt erfüllt, oder an der Wandung überzogen ist. Jede

der beiden Tochterzellen theilt sich wieder und zwar nun gewöhnlich durch eine horizontale Wand. Diese Theilung wiederholt sich 1, 2, 3, 4 Mal, so dass aus einer Gliederzelle bald bloss 4, bald bis auf 10 und 20 Zellen gebildet werden. Jede dieser Zellen ist eine Keimzelle." (l. c. pag. 138.)

Auch Alex. Braun gibt eine Darstellung des Zoosporen-Bildungsprocesses, die mit meinen Beobachtungen nicht übereinstimmt. Er sagt (Verjüngung in der Natur 1851, pag. 171): „Mit dem Eintritt der Fructification tritt ein neues Theilungsgesetz ein, nämlich eine successive Theilung des Zellinhaltes in den 3 Richtungen des Raumes, beginnend mit zwei rechtwinklig sich kreuzenden senkrechten Theilungen, welchen eine horizontale und wenn es dabei nicht bleibt, abermals eine senkrechte Theilung folgt. Diese Theilungen folgen so rasch auf einander, dass es nur selten gelingt, die ersten Theilungen ohne die letzten zu sehen."

Meine diesbezüglichen Beobachtungen und Notizen (incl. Zeichnungen) bieten mir nicht das hinreichende Material, gegenüber den zwei angeführten Autoritäten die Frage der Plasmatheilung hier vollständig abzuthun. Ich glaube aber, dass — abweichend von der Nägeli-Braun'schen Ansicht — die erste Theilung eine horizontale, die zwei succedan darauf folgenden Theilungen dagegen senkrechte, in der Richtung der Fadenaxe verlaufende sind. Eine nachträgliche Untersuchung dieser Frage (sechs Monate nach Abfassung des vorliegenden Capitels) drängt mich zu der Ansicht, dass die von Nägeli und Braun dargestellte erste Zweitheilung durch eine senkrechte Längswand nur als Ausnahmefall zu betrachten ist. Ich beobachtete sie wirklich, aber höchst selten, bei einigen Zellen, die je zwei Makrozoosporen enthielten, welche nicht vertikal über, sondern — durch eine senkrechte Trennungsfläche geschieden — horizontal neben einander lagen, ebenso an wenigen Zellen, wo die 4 Makrozoosporen in derselben Horizontal-Ebene lagen. Aber in der Regel, in tausend Fällen auf einen Ausnahmefall, beginnt die Zerklüftung des Plasmas eben mit einem horizontalen Diaphragma. Wenn die folgende Theilung in den beiden vertikal über einander liegenden Plasmapartieen durch eine senkrechte Trennungsfläche erfolgt, welche in der einen Partie von Ost nach West, in der andern Partie von Süd nach Nord gerichtet ist, wie Strasburger mit dem Ausdruck „übers Kreuz" wohl meint, so sind unter dem Mikroskop in einer Mutterzelle bloss drei statt vier Makrozoosporen auf einmal sichtbar und zwar in zwei Lagen

über einander, von denen die eine zwei, die andere bloss eine Makrozoospore zu enthalten scheint. Schwillt die Mutterzelle dann tonnenförmig an, so werden diese Sporen leicht verschoben, so dass aus dem nachherigen Aussehen der Mutterzelle und ihres Inhaltes leicht irrige Vorstellungen über die Entstehungsweise der vier Zoosporen resultiren können.

Von grosser Wichtigkeit ist der Umstand, dass in Zellen mit 4 Makrozoosporen bisweilen ein centrales farbloses, von klarer Zellflüssigkeit erfülltes Bläschen vorhanden ist, das beim Entleeren der Mutterzelle nebst der Umhüllungsblase der 4 Makrozoosporen vor der Oeffnung liegen bleibt, um kurz nach dem Davoneilen der Makrozoosporen zu zerfliessen (Taf. XXXVI. Fig. 2 e). Es ist dies nichts anderes, als die schon von C. Cramer beobachtete centrale Blase, die sich aber nach Cramer nur in jenen Zellen bilden soll, die 16 und mehr Zoosporen das Dasein geben, während sie in Zellen, die bloss 2—8 Zoosporen bilden, fehle. Es ist also nicht richtig, wenn C. Cramer in seiner Arbeit „über Entstehung und Paarung der Schwärmsporen von Ulothrix" (Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellschaft zu Zürich, Bd. XV. Heft 2, 21. März 1870 und Bot. Zeitung 1871, Nr. 5 u. 6) behauptet, dass die bloss zu 2—8 angelegten Zoosporen die ganze Höhlung der Mutterzelle erfüllen und die centrale Blase bloss auf Mutterzellen mit Mikrozoosporen reduzirt sei. Ebenso unrichtig — wenigstens zum Theil — ist die Cramer'sche Angabe, dass „die eben freigewordenen cellulose-membranlosen weichen Zoosporen ihrer Bildungsweise gemäss nicht kugelig, sondern mit unregelmässigen stumpfen Kanten versehen" seien, und dass sie sich erst während des Schwärmens abrunden. Dies gilt allerdings für eine grosse Zahl von Ulothrix-Zoosporen, aber keineswegs für alle. Ich sah Makrozoosporen zu 1, 2 und 4 in einer Zelle entstehen und sich vor der Entleerung der Art abrunden, dass von „unregelmässigen Kanten" durchaus keine Rede mehr sein konnte. Man vergleiche die möglichst genaue Darstellung der zweituntersten Zelle an Fig. 2 c, sodann die oberste Zelle in Fig. 2 b und endlich die eben austretenden Makrozoosporen in Fig. 2 d auf Taf. XXXVI.

Was an der Cramer'schen Darstellung weiterhin zu corrigiren ist, das findet sich in der Behauptung: „Sie (die Zoosporen) haben constant bloss 2 Wimpern." Hätte Cramer das „constant" weggelassen und statt des „Sie" hingesetzt: „Die Mikrozoosporen", so wäre seine Behauptung richtig. Allein er spricht von den

Zoosporen schlechtweg und kommt am Schluss seiner citirten Arbeit nochmals auf die Cilienfrage zurück, bemerkend, dass Alex. Braun den Zoosporen allgemein 4 statt 2 Cilien zuschreibe, was nach der Cramer'schen Auffassung durchaus unrichtig wäre. Die Cilienfrage hat Anlass zu dieser vorliegenden Arbeit gegeben, und darum bin ich zur Stunde im Falle, zu constatiren, dass bei Ulothrix zonata zweierlei Zoosporen gebildet werden: Makrozoosporen mit 4 Cilien und Mikrozoosporen mit bloss 2 Cilien.[1])

Nachdem meine Untersuchung in dieser Richtung geschlossen war, nachdem ich wiederholt Makrozoosporen von Ulothrix zonata im Momente des Ausschlüpfens sowohl als auch während des Schwärmens mit Jodlösung überrascht und braun gefärbt hatte (Taf. XXXVI. Fig. 2 f.), um die Zahl der Cilien ganz unzweifelhaft zu constatiren, nachdem sich ergeben, dass alle Makrozoosporen von Ulothrix zonata, die einzeln, oder zu 2, oder zu 4 in einer Zelle entstehen, 4 Cilien besitzen: nahm ich noch Einsicht von einer ältern Arbeit, die J. E. Areschoug in den Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis, Ser. III. Vol. VI. Upsal. 1866 publicirte. In seinen „Observationes Phycologicae, particula prima de Confervaceis nonnullis" gibt Areschoug ebenfalls ganz richtig an, dass die Megazoosporen (Makrozoosporen) 4 Cilien, die Mikrozoosporen von Hormiscia zonata (syn. Ulothrix zonata) dagegen bloss 2 Cilien tragen. Tafel II. der Arbeit Areschoug's gibt auch ganz übereinstimmend mit meinen Zeichnungen die Darstellung der beiderlei Zoosporen mit ungleicher Cilienzahl. (Superior megazoosporae extremitatis vix, ut diximus, hyalina, quattuor portat cilia vibratoria cruciata).

1) Nachträglich kam mir noch eine Copie in die Hände, die von einer Tafel aus den Schriften der Berliner Academie, Jahrgang 1855 (?) abgenommen ist, woselbst A. Braun (?) das Ausschlüpfen der Mikrozoosporen von Ulothrix veranschaulicht und eine Darstellung von stark vergrösserten Zoosporen derselben Alge gibt, die 4 Cilien besitzen. Es sind dies ohne Zweifel Makrozoosporen. Leider fehlt zu dieser Copie jeder Text und jede Bezeichnung, indess ist das Vorhandensein einer solchen ältern Tafel über Ulothrix nicht ohne Werth, sobald es sich um die unerquickliche Cilienfrage handelt, die auf dem Punkte stand, eine heillose Confusion anzurichten. In der Arbeit Strassburger's (Zellbildung und Zelltheilung), die mir, wie ich schon bemerkt, lange nach Abfassung meines Manuskriptes für diese Arbeit zu Gesicht kam, finde ich meine Beobachtungen bestätiget. Auch Strasburger sah bei den Makrozoosporen 4 Cilien, weist aber dennoch auf Cramer und Thuret hin, von denen letzterer (Ann. d. sc. nat. Bot. 3. Ser. T. XIV. Tl. 18) gleichfalls vier Cilien sah. (Siehe Strasburger l. c. pag. 155.)

In der citirten Arbeit von J. E. Areschoug bringt dieser Autor allerdings (auf pag. 12) in der Charakteristik der Algengattung Hormiscia (Ulothrix) die Angabe, dass die Makrozoosporen — von ihm Megazoosporen genannt — 4 oder 2 Cilien besitzen: „megazoosporae sphaericae, ovoideae l. elongatae, in superiore extremitate 4 aut 2 ciliis vibratoriis, in inferiore rotundatae aut acutae." Allein es erklärt sich diese Angabe aus dem Umstand, dass Areschoug (auf pag. 10 derselben Arbeit) erklärt, es entstehen die Megazoosporen zu 4, 8 und 16 in einer Zelle. („Megazoosporae. In cellulis diametro fili 2plo brevioribus l. idem subaequantibus, numero 4, 8, 16 evolvuntur.")

Die Richtigkeit des „4 aut 2 ciliis" wird davon abhängig sein, wie man die Begriffe für Makro- (oder Mega-) zoospore und Mikrozoospore festsetzt. Nach meiner Untersuchung an Ulothrix zonata können wir jene Zoosporen, die zu 16 in einer Mutterzelle entstehen, nicht mehr Mega- (oder Makro-) zoosporen nennen. Das scheint auch C. Cramer laut seiner Arbeit „über Entstehung und Paarung der Schwärmsporen bei Ulothrix" erkannt zu haben, wenn er sagt: „wir haben zweierlei Zoosporen zu unterscheiden: grosse zu 2, 4 oder 8 entstehende, bei deren Bildung der gesammte Inhalt der Mutterzelle aufgebraucht wird und kleinere, bei denen ein Theil des Inhaltes der Mutterzelle zur Bildung einer meist kurz nach dem Austritt absterbenden grössern Blase verwendet wird." Das Cramer'sche Argument über die Bildung der Makrozoosporen, die aus dem ganzen Inhalt der Zelle zu 2, 4 oder 8 entstehen sollen, ist — wie oben bereits erwähnt — nicht stichhaltig. Ebenso wenig hat die Behauptung Recht, dass wir jene Zoosporen, die zu 8 in einer Zelle entstehen, in allen Fällen noch Makrozoosporen nennen dürfen. Allerdings können diese Sporen unter Umständen (nämlich wenn der Faden recht dick ist) beträchtlich gross erscheinen, aber in der Mehrzahl der Fälle, wo 8 Zoosporen aus einer Zelle schlüpfen, sind sie klein und besitzen auch bloss 2 Cilien, wie alle andern Mikrozoosporen[1]) (Taf. XXXIV. Fig. 19). Auch habe ich beobachtet, dass solche zu 8 in einer Mutterzelle entstehende Zoosporen, wenn die Mutterzelle klein war, eine Copulation

---

1) Ob Strasburger (l. c.) bei den zu 8 in einer Zelle entstehenden Zoosporen auch 4 Cilien gesehen, wird nicht speciell angegeben, gehört aber nach dem oben Gesagten in's Bereich der Möglichkeit, obschon ich constatiren muss, dass bei dünnen Faden die zu 8 entstehenden Zoosporen bloss 2 Cilien besitzen.

eingehen können, während ich niemals gesehen habe, dass grosse, wirklich den Namen Makrozoosporen verdienende Schwärmzellen mit 4 Cilien eine Copulation eingingen. Ich schlage daher vor, für Ulothrix zonata den Begriff von „Makrozoospore“ dahin festzusetzen, dass sie grosse Schwärmsporen sind, mit 4 Cilien ausgestattet, zu 1, 2, 4 — vielleicht auch bei sehr dicken Faden zu 8? — in einer Zelle entstehend und eine Copulation nicht eingehend. Damit ist keineswegs gesagt, dass alle Zoosporen, die zu 4, noch viel weniger alle, die zu 8 in einer Zelle entstehen, Makrozoosporen sind. Ich sah ganz dünne Ulothrixfaden, in deren Zellen nur 4 kleine Zoosporen entstanden, ohne dass ich constatiren konnte, ob sie 2 oder 4 Cilien besassen und von denen ich eher das Erstere, als das Letztere vermuthete.

Die Entstehung von 8 Zoosporen in einer Mutterzelle.

Sie ist ein weiterer Schritt der Plasma-Zerklüftung und wohl am besten in Fig. 19 a und b, Taf. XXXIV. charakterisirt. Erst theilt sich der grüne plasmatische Inhalt der Mutterzelle in zwei horizontal über einander liegende Portionen. Hierauf folgt eine Zerklüftung der letztern in der Richtung der Fadenaxe, wie bei der Bildung von 4 Makrozoosporen. Endlich folgt eine Theilung dieser 4 Portionen durch eine Ebene, welche senkrecht zur vorherigen Theilebene steht, aber ebenso wie diese in der Richtung der Fadenaxe liegt (Taf. XXXIV. Fig. 19, Fadenstücke a' und b'). Die abweichenden Ansichten Nägeli's (Neuere Algensysteme, pag. 138) und Alex. Braun's (Verjüngung, pag. 171) habe ich schon oben (pag. 438. 439.) der meinigen gegenübergestellt. Weitere Untersuchungen über den Modus der Plasmatheilung zur Bildung von Schwärmsporen bei Ulothrix werden ohne Zweifel meine Ansicht bestätigen.

Während dieser Zoosporen-Bildung schwellen die Mutterzellen ebenfalls tonnenförmig an und suchen sich die Zoosporen abzurunden. Ob bei der Entstehung von 8 Zoosporen in allen Fällen eine „centrale Blase“ gebildet wird, lasse ich unentschieden. An dem in Fig. 19, Taf. XXXIV. dargestellten Faden konnte ich keine solche erkennen, da in allen Fällen die ganze Zellansicht von 4 in's Kreuz gestellten Zoosporen erfüllt war. In Zellen von andern Ulothrix-Faden mit 8 Zoosporen, wo die letztern nicht mehr diese regelmässige Anordnung zeigten, konnte ich dagegen die centrale Blase schon von aussen als hyalinen, scharf abgegrenzten kugeligen

Körper erkennen. Auch kann ich nicht angeben, welche Grösse die Mutterzelle der 8 Zoosporen, nach welcher sich auch die Grösse der letztern richtet, sein muss, um diesen 8 Zoosporen die Organisation der Makrozoosporen, respektive die Bildung von 4 Cilien zu ermöglichen. Wie aus Fig. 19, Taf. XXXIV. hervorgeht, besitzen die 8 Zoosporen kleiner Mutterzellen nur 2 Cilien; sie sind also Mikrozoosporen.

Ein weiterer Schritt führt zur

Bildung von 16, 32 und mehr Zoosporen.

Alle diesbezüglichen Beobachtungen führen mich zu dem Schluss, dass die ersten Theilungsprocesse des grünen Plasmas zur Bildung von 16 Zoosporen ganz dieselben sind, wie bei der Bildung von 4 und 8 Zoosporen. Ist dann das grüne Plasma durch jene drei succedanen Zerklüftungs-Ebenen in 8 Portionen getheilt, so zerfällt jede dieser letztern selbst wieder in 2 Theile und zwar in solchen Mutterzellen von sehr geringer Länge ohne Zweifel durch vertikale Theilungs-Ebenen, welche durch die Fadenaxe gehen und demnach radiale Längs-Ebenen genannt werden dürfen. Da das grüne chlorophyllhaltige Plasma der zoosporenbildenden Mutterzelle immer längs der Zellmembran situirt ist, und zwar während der succedanen Zerklüftungen vorwiegend längs der cylindrischen Zellwand, da ferner die Anordnung der eben fertig gebildeten 16 Zoosporen einer Zelle immer eine wandständige ist, so muss daraus geschlossen werden, dass die Zerklüftung des grünen Plasmas zur Bildung zahlreicher Zoosporen niemals durch tangentiale, sondern stets durch Theilwände erfolgt, die senkrecht auf die Mutterzellmembran aufgesetzt erscheinen (vergl. Taf. XXXIV. Fig. 22 und 23 und Taf. XXXVI. Fig. 1 d und e, Fig. 3). Dies gilt auch für die Bildung von mehr als 16, nämlich 32 und mehr Zoosporen, wie sie bei Ulothrix zonata sehr häufig vorkommt. Das Resultat all dieser Zerklüftungsprocesse des grünen Plasmas einer Mutterzelle ist stets dasselbe: eine grössere Zahl von kleinen, nur mit 2 Cilien ausgestatteten Zoosporen, welche die Fähigkeit haben, sich — während des Schwärmens — zu zweien (selten zu 3) zu copuliren. Wir nennen diese zu 16, 32 und mehr in einer Mutterzelle entstehenden Zoosporen Mikrozoosporen, im Gegensatz zu den grössern, mit 4 Cilien ausgestatteten, und bloss zu 1, 2, 4 — selten zu 8 — entstehenden Makrozoosporen, denen die Fähigkeit abgeht, sich zu copuliren.

In Zellen mit 32 oder mehr Mikrozoosporen — gewöhnlich besitzen jene auch eine grössere Länge, als die Zellen mit nur 16 Zoosporen — erfolgt die Zerklüftung des Plasmas ohne Zweifel nicht bloss Ein Mal in horizontaler Richtung, sondern so, dass die Mikrozoosporen schliesslich in 4 Etagen, oder — nach erfolgter Verschiebung — in unregelmässigen Reihen über einander liegen (Taf. XXXVI. Fig. 1 c, d und e).

Strasburger (Zellbildung und Zelltheilung, pag. 155) glaubte bei manchen über die Zweitheilung hinausgehenden Vorgängen (Zoosporenbildung) sicher auch mehrere Theilungen simultan erfolgend beobachtet zu haben, — er fügt hinzu: „ja es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass dieser Theilungsmodus in den Fällen der Bildung sehr vieler Schwärmsporen (also unserer Mikrozoosporen) zum vorherrschenden wird."

Ich kann dieser Vermuthung nicht beistimmen, obschon ich die Möglichkeit simultaner Plasmatheilungen zur Bildung von Mikrozoosporen nicht bestreite, und das um so weniger thun möchte, als ich die Bildung von 5 und mehr Zoosporen im Innern der Zygospore von Ulothrix zonata ganz evident als simultan vor sich gehend erklären muss; wenn dieser Vorgang auch bei der Zoosporenbildung der geschlechtlichen Generation von Ulothrix stattfinden sollte, so müsste er mir doch als Ausnahmefall erscheinen. Gegen die Wahrscheinlichkeit des Vorwiegens simultaner Schwärmsporenbildung bei den Fadenzellen von Ulothrix zonata spricht nicht allein die Anordnung der eben entstandenen Zoosporen vor der Bildung des rothen Pigmentfleckes, sondern auch die Schritt für Schritt leicht zu verfolgende succedane Zerklüftung des Plasmas zur Bildung von 2, 4 und 8 Zoosporen und in letzter Instanz auch die Anzahl der in einer Mutterzelle entstehenden Mikrozoosporen, die sich regelmässig an Multipla von Zwei hält, was bei der simultanen Zoosporenbildung im Innern der reifen Zygosporen (siehe Capitel von der Entwicklung der Zygosporen nach der Ruheperiode) nicht der Fall ist.

Tritt wirklich simultane Zoosporenbildung in Fadenzellen von Ulothrix auf, so haben wir dieselbe als eine Zelltheilung aufzufassen, die nichts anderes als eine auf ein Zeitminimum zusammengedrängte wiederholte Zweitheilung darstellt.

Ihrer Entstehungsweise entsprechend sind die Mikrozoosporen anfangs polyedrisch, in allen Fällen sind sie wandständig und lassen — selbst im ausgebildeten Zustand in der Mutterzelle liegend —

einen grossen von klarer Flüssigkeit erfüllten Hohlraum übrig, der in der Regel das Centrum der Zelle, oft aber auch überdiess noch eine wandständige Partie des Zellraumes einnimmt (Taf. XXXVI. Fig. 1c). Runden sich nun die Mikrozoosporen schon in der Mutterzelle ab, so hält es schwer, diesen Hohlraum in der noch nicht entleerten Mutterzelle zu erkennen. Immerhin habe ich Ulothrix-Faden mit reifen Mikrozoosporen, 8, 16 und mehr in einer Zelle, beobachtet, bei denen nicht allein die Mikrozoosporen abgerundet waren, sondern wo der „centrale“ Hohlraum als nicht-centrale, sondern als excentrisch gelegene kugelige Blase sich gegen die wandständigen Zoosporen sowohl als auch gegen die cylindrische Mutterzellmembran abgrenzte. Ich werde später nochmals auf die „centrale Blase“ zurückkommen.

Schliesslich habe ich noch einer Erscheinung zu erwähnen, deren Deutung mir noch nicht klar ist. Es betrifft dies die Bildung von langgestreckten Zoosporen, welche den ganzen Durchmesser des Fadens in Beschlag nehmen (Taf. XXXI. Fig. 4 und Taf. XXXV. Fig. 5e′ e″). Diese horizontal, bald in 2, bald in 4 Schichten über einander liegenden Zoosporen sind, wie bemerkt, so lang oder beinahe so lang, als der Durchmesser der Mutterzelle. Ich kann mich nicht erinnern, solche Zoosporen ausschlüpfen gesehen zu haben, wohl aber sah ich — wenn auch selten — sehr langgestreckte Zoosporen dieser Art schwärmen und sogar eine Copulation eingehen; vergleiche Taf. XXXIV. Fig. 20. Dass es wirklich Schwärmsporen sind, muss ohnediess aus Fig. 5e″ Taf. XXXV. geschlossen werden, wo eine Zelle bloss noch 1, eine andere Zelle noch 2, eine dritte Zelle noch mindestens 4 (ob 8?) solcher langgestreckter Zoosporen enthält. Sie sind keulenförmig, am dickern Ende mit körnigem Plasma versehen, am dünnern — ohne Zweifel vordern — Ende hyalin. Mitten auf der halben Länge tragen sie einen langgestreckten rothen Fleck. Aus Fig. 4, Taf. XXXI. könnte man schliessen, dass diese langgestreckten Zoosporen durch wiederholte horizontale Zerklüftung des Plasmas entstehen. Ich wage nicht, darüber eine definitive Ansicht auszusprechen, ebensowenig, als ich zur Stunde entscheiden könnte, ob solche langgestreckte Zoosporen ausschliesslich die Eigenschaften der Mikrozoosporen besitzen, oder ob sie auch als Makrozoosporen auftreten können.

Die Zoosporenbildung beginnt, wie ich am Anfang dieses Abschnittes bemerkte, in der Regel am obern Theile eines Fadens und schreitet von da in basipetaler Folge bis zur Fusszelle vor.

Ich sah Faden, die im obern Theil schon ganz entleert waren, in der Mitte mit Mikrozoosporen und Makrozoosporen erfüllt, unten gegen die Fusszelle hin aber noch in vegetativem Zustand (Taf. XXXVI. Fig. 1a—g). An andern Faden waren alle Zellen bis auf wenige in der Nähe der Fusszelle entleert; diese letzteren basiscopen Zellen enthielten aber reife Zoosporen; einzig in der Fusszelle unterblieb die Zoosporenbildung. Wenn Alex. Braun (Verjüngung in der Natur pag. 159) die Fusszelle als unfruchtbar bezeichnet, so ist dies nach meinen Beobachtungen ganz richtig; dagegen verstösst seine Behauptung, dass auch die auf die Wurzelzelle zunächst folgenden Zellen unverändert bleiben und unfruchtbar seien, gegen die Thatsache der Zoosporenbildung auch in diesen untern Zellen, wie ich sie wiederholt beobachtet habe.

IV. Form und Organisation der Makro- u. Mikrozoosporen, Entleerung derselben, Charakter der Schwärmbewegung, Grösse der beiderlei Zoosporen.

Ehe ich an die Beschreibung des Geburtsprocesses der Zoosporen herantrete, finde ich es angezeigt, erst die Form und Ausstattung der Makro- und Mikrozoosporen zu besprechen, da wir bei der Darstellung der Geburt oft an die Form und Organisation der Geburtsobjekte zu erinnern haben.

Die schwärmenden Makro- und Mikrozoosporen von Ulothrix zonata sind im abgerundeten Zustande, den sie oft schon im Innern der Mutterzelle, also vor der Geburt besitzen, eiförmige oder birnförmige, oft fast kugelige Körper mit zwei ganz verschiedenen Polen. Der eine Pol, während des Schwärmens nach vorn gerichtet, ist mehr oder weniger kegel- oder warzenförmig verjüngt, farblos, oft ganz wasserhell; er trägt die zwei oder vier Cilien, die selbstverständlich ebenfalls farblos sind und das Zwei- bis Mehrfache der Länge des Zoosporenkörpers besitzen. An grossen Makrozoosporen und bei starker Vergrösserung auch an den Mikrozoosporen beobachtet man in geringer Entfernung von der Insertionsstelle der Cilien im hyalinen Vordertheil der Zoospore etwas farbloses oder grauliches feinkörniges Plasma, welches oft bis an die Basis der Cilien verfolgt werden kann und für uns desshalb von grossem Interesse sein muss, weil es eine Vacuole umschliesst, die in rhytmischen Bewegungen sich regelmässig contrahirt, um — nachdem sie plötzlich verschwunden zu sein scheint — langsam

wieder aufzutauchen, zu wachsen und abermals wieder zusammenzusinken. Das Verdienst, diese contractile Vacuole entdeckt zu haben, gehört Strasburger, welcher in seiner mehrerwähnten Arbeit über Zellbildung und Zelltheilung pag. 157 zuerst darauf aufmerksam machte. Er hat dieselbe längere Zeit, während des Ausschwärmens der Sporen und auch während ihres Zur-Ruhekommens, in Thätigkeit beobachtet. Seine Angabe über die Zeitintervalle zwischen zwei Pulsationen, die sich auf 12—15 Sekunden belaufen, kann ich bestätigen. Ergänzend und vervollständigend — ohne meine Untersuchung in dieser Richtung als für abgeschlossen zu erklären — füge ich die Resultate meiner weiteren Beobachtungen bei: Man sieht in regelmässigen Zwischenräumen von 12 bis 15 Sekunden eine Vacuole von kreisrundem Umriss langsam wachsen und mit der 12., 13., 14. oder 15. Sekunde (ich beobachtete an Makrozoosporen meist ein Intervall von 15 Sekunden) plötzlich zusammensinken, um gleich darauf langsam wieder zu erscheinen. Der farblose oder graukörnige, plasmatische Wandbeleg öffnet sich dort zu einem stetig wachsenden Kreis, um nach gesetzmässig abgelaufener Sekundenzahl sich rasch zu schliessen und zwar unter ganz ähnlichen Erscheinungen, wie wenn eine dünne Schicht von halbflüssigem Mörtel, in dessen Mitte eine kreisrunde trockene Stelle liegt, von allen Seiten auf diese letztere eindringt und schliesslich den trockenen Kreis vollständig überfluthet (Taf. XXXII. Fig. 8 p. V.). Ich füge hinzu, dass ich diese pulsirende Vacuole nicht allein an Makro- sondern auch an Mikrozoosporen von Ulothrix gesehen habe und zwar sowohl kurze Zeit vor der Entleerung der Zoosporen, als auch während des Schwärmens und während des allmäligen Zuruhekommens. Von grosser Wichtigkeit scheint mir die Thatsache zu sein, dass die letzten zuckenden Bewegungen der Cilien einer zur Ruhe kommenden Zoospore immer zusammenfallen mit den je nach 12—15 Sekunden eintretenden plötzlichen Contractionen der Vacuole. Das Gleiche scheint mit den ersten ruckförmigen Bewegungen der Cilien beim Anfang des Schwärmens der Fall zu sein.

Dieser letztere Umstand, die augenscheinliche Correlation zwischen den plötzlichen Contractionen der pulsirenden Vacuole einerseits und den (ersten und) letzten zuckenden Bewegungen der Cilien andererseits, dürfte geeignet sein, als Wegleiter für neue Untersuchungen über das noch unklare Wesen der Cilien-Bewegung überhaupt zu dienen, worauf ich desshalb ganz besonders aufmerksam

mache, weil die contractile Vacuole nicht allein an den Primordialzellen von Gloeocystis, Tetraspora, Hydrurus etc., sondern neulich auch von Cienkowski[1]) an den Makrozoosporen von Stigeoclonium (mit 2 contractilen Vacuolen) und bei Chätophora beobachtet wurde.[2]) Es dürfte keine undankbare Aufgabe sein, bei diesen genannten Algen zu ermitteln, ob die von mir für Ulothrix signalisirte scheinbare Wechselbeziehung zwischen Cilienbewegung und Pulsation der contractilen Vacuole dort ebenfalls sich geltend macht.

Weiterhin ist zu bemerken, dass im vordern farblosen Theil der Zoospore nebst dem contractionsfähigen Plasma rings um die pulsirende Vacuole in verschiedenen Abständen von dieser letztern noch eine grössere oder geringere Zahl von farblosen, oft stark lichtbrechenden kugeligen Körnchen verschiedener Grösse liegen. Diese können aber auch völlig fehlen. Der hintere Theil der Zoospore ist kugelig abgerundet und enthält, der farblosen protoplasmatischen Hautschicht anliegend, die Chlorophyllplatte, welche — bald von sehr geringer, bald von grösserer Mächtigkeit — den kugeligen Hinterkörper der Zoospore entweder ganz oder nur theilweise auskleidet. Die Chlorophyllplatte enthält entweder eine grössere Menge kleiner, oder aber nur wenige grosse Chlorophyllkörner (vergl. Taf. XXXII. Fig. 3 a, 4, 8; Taf. XXXIII. Fig. 1 a; Taf. XXXIV. Fig. 19—24 und Taf. XXXVI. Fig. 2, 3 und 4). Strasburger bemerkt ganz richtig (l. c. pag. 156), dass die Chlorophyllplatte verschieden stark sein könne; „durchschnittlich erreicht sie im Querdurchmesser kaum einen Drittel des Durchmessers der ganzen Schwärmspore; nur ausnahmsweise füllt sie fast den ganzen Innenraum der Schwärmspore aus." Die Abgrenzung der Chlorophyllplatte gegen den übrigen farblosen Umfang der Zoospore ist bald eine scharfe, fast wulstig aussehende, bald eine undeutliche, so dass es oft schwer hält, die Grenze der grünen Plasmapartie in Zeichnungen richtig anzugeben. Auch variirt die Flächenausdehnung des Chlorophyllbeleges ungemein und zwar nicht allein bei Makro- sondern auch bei Mikrozoosporen. Im umgekehrten Verhältniss dazu steht die Ausdehnung der farblosen Partieen der Zoospore. Diese erscheint daher bald chlorophyll-

1) Vergl. Bot. Zeitg. 1876. No. 2 und 5.

2) An den Schwärmsporen von Draparnaldia beobachtete ich am 1. April 1876 zwei pulsirende Vacuolen, deren jede 28 bis 30 Sekunden Zeit zwischen zwei Contractionen in Anspruch nimmt. Die Pulsationen der beiden benachbarten Vacuolen wechseln aber regelmässig unter einander ab, so dass alle 14 oder 15 Sekunden eine Contraction beobachtet wird.

reich, bald sehr arm an Chlorophyllpflaster. Innerhalb der grünen Plasmaplatte findet sich bei den meisten Zoosporen eine mit wässeriger Flüssigkeit erfüllte Blase, welche nicht selten einige grosse, stark lichtbrechende farblose Körper enthält. Wahrscheinlich gehören die oben erwähnten kugeligen Körnchen in der Nähe der pulsirenden Vacuole ebenfalls zum Inhalt dieser farblosen Blase. Letztere ist beim raschen Zerfliessen der Zoosporen, welche bei ungewohnten Temperaturschwankungen kurz nach dem Schwärmen degeneriren, oft lange noch zu erkennen, nachdem die Chlorophyllschicht auf dem Objektträger zerflossen ist. Dann sieht man neben dem zerfliessenden grünlichen Plasma ein glashelles Bläschen, das eine grössere oder geringere Anzahl jener stark lichtbrechenden Kügelchen enthält, die schon an der lebenden und schwärmenden Zoospore zum Theil durch die Chlorophyllplatte, zum Theil am vordern hyalinen Schwärmsporenkörper durchschimmern. Auffallend verhält sich diese Wasserblase der Schwärmspore dann, wenn die Zoosporen unter enormer Wasseraufnahme binnen wenigen Minuten degeneriren, wie man dies beobachten kann, wenn in Eis eingefrorene Ulothrixfaden in einem warmen Zimmer aufthauen und dann plötzlich ihre reifen und frühreifen Zoosporen entlassen. Dabei tritt die Wasserblase am hintern, kugelig abgerundeten Theil der Schwärmspore zwischen der auseinander weichenden Chlorophyllmasse heraus und zwar unter Aufnahme einer verhältnissmässig colossalen Wassermenge, so dass der Durchmesser der Blase den ursprünglichen Durchmesser der Zoospore um das 2—3- oder Mehrfache übertrifft.

Die ganze Schwärmspore wird von einer äusserst dünnen, farblosen Hautschicht nach aussen abgegrenzt. Ungefähr in der halben Länge des massiven Zoosporenkörpers, an der Grenze der grünen Plasmaplatte oder doch in nächster Nähe findet sich an der farblosen Hautschicht der rothe Pigmentfleck, „Augenpunkt", welcher oft als wallartige, nicht selten ziemlich stark vorspringende strichartige Erhöhung die eine Seite des Schwärmsporenkörpers dekorirt. Strasburger hat beobachtet, dass diese rothgefärbte stäbchenförmige Verdickung hin und wieder in ihrem Verlaufe unterbrochen sein kann (l. c. pag. 156). Genaue Zeichnungen über die rasch auf einander folgenden Stadien des Zerfliessens schnell degenerirender Zoosporen constatiren, dass beim Zerfliessen nicht allein alle übrigen Theile, sondern auch die rothen Pigmentflecke sehr viel Wasser aufzunehmen vermögen. Dabei erblassen sie ebenso rasch, als sie an frühreifen Zoosporen sich zu bilden vermögen.

Alle meine zahlreichen Beobachtungen über den Geburtsvorgang und die ersten Bewegungen der Zoosporen von Ulothrix zonata führen mich zu dem Schluss, dass die Cilien ihrer Entstehung nach zur farblosen Hautschicht der Schwärmspore gehören. Sie sind an der reifen noch nicht geborenen Zoospore ganz evident der Oberfläche des birn- oder eiförmigen Schwärmsporenkörpers angelagert. Ob sie den letzteren in Spirallinien umwickeln, oder ob sie vom vordern Pol ausgehend sich über die Oberfläche bis zum hintern Pol und wieder zurück hinziehen, konnte ich bis jetzt noch nicht ermitteln; doch scheint mir der erstere Fall der wahrscheinlichere zu sein.

An den in Folge rascher Temperatur-Erhöhung frühreif geborenen und sehr rasch degenerirenden Makrozoosporen beobachtete ich wiederholt, dass die Cilien sich schon kurz nach der Geburt bischofsstabähnlich krümmen, an ihrer Spitze beginnend, sich einwickeln und dabei auf die Insertionsstelle zurückrollen. Sobald diese Einwickelung ihren Anfang genommen hat, ist die Bewegung eine sehr gehemmte und rasch geht sie ihrem Ende entgegen.

Uebereinstimmend mit Strasburger sind meine Beobachtungen über das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Zellkernes in den Zoosporen. Bei keiner der vielen Tausende von Makro- und Mikrozoosporen, die ich in allen Lebens- und Degenerations-Stadien beobachtete, fand ich jemals einen Zellkern. Strasburger vermuthet in jenem farblosen Plasma, das die pulsirende Vacuole der Schwärmspore umgibt, das Theilungsprodukt des Zellkernes der schwärmsporenbildenden Mutterzelle (l. c. pag. 157).

Aus dem Mitgetheilten erhellt wohl zur Genüge, dass die Schwärmspore von Ulothrix eine ziemlich complicirt gebaute Primordialzelle darstellt. Ich verheble an dieser Stelle auch nicht, dass in der vorstehenden Beschreibung wohl noch Manches fehlt, das wissenswerth erscheinen möchte. Wenn unsere Instrumente dereinst noch ein Mehreres leisten, als bisher, so wird auch die Kenntniss dieser kleinen Fortpflanzungszellen noch um ein Beträchtliches erweitert werden.

Noch habe ich schliesslich zu bemerken, dass die Mikrozoosporen von Ulothrix zonata im Wesentlichen ganz denselben Bau besitzen, wie die Makrozoosporen, einzig mit dem Unterschied, dass sie — wie schon oben bemerkt, statt 4 bloss 2 Cilien tragen.

Die Entleerung der Makro- und Mikrozoosporen von Ulothrix zonata geschieht auf folgende Weise: An irgend einer Stelle der

cylindrischen Zellmembran der tonnenförmig oder kugelig aufgetriebenen Mutterzelle entsteht durch Verschleimung der Cellulose eine seitliche Oeffnung, die in der Regel die Mitte der Zelllänge einnimmt. Nicht selten verschleimt die äussere Membranschicht der cylindrischen Wand ziemlich lange vor der aufquellenden, später ebenfalls verschleimenden innern Schicht und zwar nicht bloss an einer kleinen, rundlichen Stelle, sondern in einem grössern Umkreis, so dass die Verschleimung dieser äussern Schicht oft von der obern Querwand bis zur untern reicht. [In A. S. Oersted's System der Pilze, Lichenen und Algen, deutsch von A. Grisebach und Reinke, Leipzig 1873 findet sich die unrichtige Angabe (pag. 159), dass bei Ulothrix (Syn. Hormiscia) die Zoosporen dadurch frei werden, dass die Zellen (des Fadens) sich von einander trennen.]

Dann dringt ein Theil des energisch Wasser aufnehmenden Zellinhaltes durch die in Folge des von innen wirkenden hydrostatischen Druckes nach aussen gedrängte trichterförmig verjüngte Geburtsstelle der Mutterzellmembran hindurch, wobei die Ränder der Geburtsöffnung nach aussen um- und rückwärts gestülpt werden. Der zunächst austretende Theil des Zellinhaltes — gleichviel ob dieser aus einer einzigen, oder aus 2, 4 oder 8 Makro- oder aber aus 8, 16, 32 und mehr Mikrozoosporen bestehe — war in allen von mir beobachteten Fällen niemals die sogenannte centrale Blase, sondern immer ein Zoosporentheil oder eine Zoospore oder eine Gruppe von Schwärmsporen.

Bei der Geburt einer einzeln entstandenen Makrozoospore scheint in der Regel der vordere hyaline, cilientragende Pol zuerst die Geburtsöffnung zu passiren. Letztere ist oft so eng, dass die Spore während ihres Austrittes nacheinander alle möglichen Formveränderungen durchmachen muss, bis die letzte Partie durch das enge Ostiolum hindurchgewandert ist, um sich mit dem draussen allmälig kugelige Gestalt annehmenden frei gewordenen Theil zu vereinigen (vergl. Taf. XXXII. Fig. 3a).

Bei Frühgeburten, die in Folge rascher Temperatur-Erhöhung eingeleitet werden und oft sehr langsam vor sich gehen, kann man vor dem Austritt der Makrozoosporen nach beendigter Verschleimung der äussern Membranschicht der Mutterzelle die an dieser Stelle blossgelegte mittlere Membranschicht Schritt für Schritt aufquellen und als gallertige wasserhelle Papille nach Aussen vorspringen sehen. Dann drängt sich der eigentliche Zellinhalt,

umhüllt von der innersten, sehr viel Wasser aufnehmenden, ebenfalls langsam verschleimenden Membranschicht in scharfer Abgrenzung gegen diese hyaline Papille vor und drängt diese mehr und mehr nach Aussen, bis sie sich — am Scheitel zerfliessend — öffnet und dem Zellinhalt in oben beschriebener Weise Durchgang gestattet.

Sind zwei Makrozoosporen in einer Mutterzelle, so tritt zuerst die eine aus und zwar in der Regel erst mit dem vordern hyalinen Pol, während der hintere grüne Theil des während der Geburt die verschiedensten Formen annehmenden Zoosporenkörpers von der nachrückenden zweiten Zoospore erst gegen die nächste Ecke der Mutterzelle gedrängt wird. Bei langsamer Geburt sieht man in diesem Stadium die zuerst austretende Zoospore quersackartig gestaltet und an der Geburtsöffnung gebogen (Taf. XXXII. Fig. 3 d). Der zuerst austretende Theil zieht die noch in der Mutterzelle liegende Partie der Schwärmspore nach; diese schlüpft wie ein zäher Teigklumpen, auch gedrängt von der zweiten Zoospore, durch das mehr oder weniger enge Ostiolum nach aussen, worauf die erstgeborene Zoospore, energisch Wasser aufnehmend, sich vorläufig abrundet, immer noch umhüllt von der wasserhellen, langsam verschleimenden innersten Membranschicht der Mutterzelle. Diese Umhüllungsblase erscheint in diesem Geburtsstadium in zwei Partieen getheilt, die quersackähnlich durch eine in der Geburtsöffnung liegende Einschnürung mit einander in Verbindung stehen; der eine Theil des Quersackes enthält die eine, bereits vor der Geburtsöffnung liegende Zoospore, während der andere Theil, noch in der Mutterzelle liegend, die noch nicht geborene zweite Zoospore einschliesst. Während des Austrittes der ersten Makrozoospore wird die zweite Schwärmspore vorübergehend erst in den hintern Theil der Mutterzelle gedrängt, wobei der hyaline Pol mit den 4 Cilien der Geburtsöffnung abgekehrt erscheint. Sobald aber der Hintertheil der zuerst austretenden Makrozoospore die Geburtsöffnung passirt hat, rückt die zweite Zoospore nach, wobei nicht übersehen werden kann, dass die sich abrundende bereits geborene Zoospore mit sammt der aufquellenden Umhüllungsblase von aussen her auf die noch nicht geborene Partie des Zellinhaltes einen Zug ausübt. Dieser Theil folgt also rasch nach, die zweite Zoospore legt sich dicht an den Körper der ersten an, beide platten sich an den Berührungsflächen ab, indess das ganze Geburtsobjekt sich zu einem kugeligen Ballen abrundet, wobei also die beiden Zoosporen

für wenige Augenblicke halbkugelige Gestalt annehmen (Taf. XXXII. Fig. 3 d). Aus der Art dieses Geburtsvorganges ist sofort ersichtlich, dass die vor der Geburtsöffnung liegenden Zoosporen ihre cilientragende hyaline Pole einander abkehren. Die Umhüllungsblase, welche die zwei Zoosporen einschliesst, zerfliesst nun, bald langsam, bald rasch, vollständig im Wasser. Auch die beiden Makrozoosporen nehmen viel Wasser auf und bekunden dabei eine energische Tendenz, sich abzurunden. Während des Zerfliessens der wasserhellen, oft kaum sichtbaren, oft gar nicht direkt wahrnehmbaren Umhüllungsblase werden die abgeplatteten Berührungsflächen der zwei halbkugeligen Zoosporen zusehends convex, wobei letztere selbstverständlich mehr und mehr auseinander rücken und hiebei ohne Zweifel auf das Zerfliessen der verschleimenden Umhüllungsblase fördernd einwirken. Dann sieht man auch die Cilien der einen und der andern Zoospore sich in der verschleimenden Masse der Umhüllungsblase ruckweise bewegen.

Die pulsirende Vacuole am hyalinen Pol jeder Makrozoospore ist schon einige Zeit in Thätigkeit und scheint, wie ich schon oben bemerkte, auf die Bewegung der Cilien direkt einzuwirken; denn mit jeder Contraction der Vacuole finden neue ruckförmige Bewegungen der Cilien statt. Sobald von der verschleimenden Masse der Umhüllungsblase nichts mehr direkt beobachtet werden kann, dagegen die Bewegungen der Cilien eine immer lebhaftere wird, so erfolgt plötzlich das Abgleiten der einen Makrozoospore von der andern; meist eilt die eine zuerst von dannen, während die andere noch einige ruckweise Bewegungen ausführt und erst nach ein paar Sekunden die Geburtsstätte verlässt. Oft aber verlassen auch beide Zoosporen die Stelle gleichzeitig.

Ich constatire, dass also auch bei der Geburt von zwei Makrozoosporen eine hyaline Umhüllungsblase gesehen werden kann, wiederholend, dass dies namentlich bei Frühgeburten der Fall ist, die in der Regel dann eintreten, wenn grüne Ulothrixfaden aus dem eisig kalten Wasser des Brunnens oder gar aus aufthauenden Eiszapfen in's warme Zimmer gebracht werden. Dabei kann man leicht auf Faden stossen, die ihre Makrozoosporen ungemein langsam entleeren, was für die Beobachtung der einzelnen auf einanderfolgenden Geburtserscheinungen sehr günstig erscheinen muss. Dann trifft man nicht selten auf Makrozoosporen, deren Geburt in den verschiedensten Stadien sistirt wurde. Dabei muss bemerkt werden, dass überall da, wo zwei Makrozoosporen gleichzeitig die

Geburtsöffnung passiren wollen, eine Entleerung der Mutterzelle nicht eintritt, sondern die Geburt unterbleibt. Ich habe mehrmals beobachtet, wie die beiden neben einander liegenden Makrozoosporen gleichzeitig mit ihrem hyalinen Vorderende gegen die Geburtsöffnung drängten und oft auch gleichzeitig mit ihrem Vordertheil sich in das Ostiolum einkeilten; dann aber gewann die eine Zoospore den Vorsprung; sie drängte die andern zurück und passirte allein die seitliche Oeffnung der Mutterzelle, während die andere Zoospore wieder vollständig in die Mutterzelle zurückglitt und abwarten musste, bis durch den vollständigen Austritt der Erstgebornen auch für sie die Sekunde der Freiheit geschlagen hatte. Bei halsstarrigem Verweilen beider neben einander liegenden in die Geburtsöffnung eingekeilten Makrozoosporen bleiben beide vollständig stecken, wie ich dies wiederholt beobachtet und in Zeichnungen fixirt habe.

Es muss auch gesagt werden, dass man bei der langsamen Geburt zweier Makrozoosporen nicht allein schon vor dem beginnenden Austritt derselben die pulsirende Vacuole der noch in der Mutterzelle liegenden Zoosporen in Thätigkeit sehen kann, sondern dass selbst die Cilien oft schon ruckweise Bewegungen ausführen, ehe die Zoosporen aus der Mutterzelle ausgetreten sind. Es kann dies ganz deutlich dann beobachtet werden, wenn nach vollendeter Verschleimung der äussern und der mittlern Membranschicht an der Stelle der Geburtsöffnung in der cylindrischen Mutterzellmembran die innerste Membranschicht — stark aufquellend — als wasserhelle Papille durch die Geburtsöffnung vorragt und dicht hinter der Papille der hyaline Vordertheil der nächsten Makrozoospore liegt. Ich habe zu wiederholten Malen gesehen, wie in der stark vorgequollenen Papille die verschlungenen und stark gekrümmten Cilien der nächstliegenden Zoospore einige ruckweise Bewegungen ausführten, letztere correspondirend mit den Pulsationen der contractilen Vacuole am vordern Pol der betreffenden Makrozoospore. Wir müssen also annehmen, dass die Papille selbst entweder aus äusserst dünnem Schleim der zerfliessenden innern Mutterzell-Membranschicht besteht, welche die Ruckbewegungen der Cilien ermöglicht, oder aber, dass jene Papille einen Hohlraum enthält, in welchem der genannte Vorgang stattfinden kann. Ich halte die erstere Annahme für die wahrscheinlichere, um so mehr, als die innerste Membranschicht der Mutterzelle bei langsamer Geburt der Zoosporen auf der dem Ostiolum abgekehrten Seite

oft so stark verschleimt, dass auch die Cilien der zweiten, zuletzt austretenden Zoospore schon frei und sichtbar werden, ehe die Zoospore geboren ist. Wiederholt habe ich gesehen, dass die zweite Makrozoospore unmittelbar vor ihrem Austritt deutlich die vier Cilien — der Geburtsöffnung abgekehrt — erkennen liess und beim Passiren des Ostiolums nachziehen musste, ohne dass dabei die Umhüllungsblase durchaus und vollständig verschleimt war. Letztere kann allerdings (namentlich bei rascher Geburt) schon während des Austrittes so verschleimt erscheinen, dass ihr Vorhandensein nur noch indirekt erkenntlich ist oder der Beobachtung völlig entgeht.

Weder Cramer noch Strasburger haben bei ihren Untersuchungen das Vorhandensein einer Umhüllungsblase dort erkannt, wo bloss wenige Zoosporen aus einer Mutterzelle entleert werden. Es ist dies sehr leicht begreiflich; denn bei normal entwickelten, ausgereiften und unter den gewöhnlichen Verhältnissen geborenen Zoosporen folgen sich die oben geschilderten Phasen des Geburtsprocesses der Makrozoosporen und die gleichzeitige Verschleimung der Umhüllungsblase so rasch aufeinander, dass sich die ganze Kette der Erscheinungen oft auf wenige Sekunden zusammendrängt, so dass es dann geradezu unmöglich ist, sich von den rasch auf einander folgenden oder gar gleichzeitig stattfindenden Processen genügend Rechenschaft zu geben. Namentlich ist es die Verschleimung der Umhüllungsblase, welche in der Regel unter normalen Verhältnissen so unbemerkt sich abwickeln kann, dass man deren Existenz bezweifeln dürfte, wenn nicht die leichter controlirbaren Processe vor der Geburtsöffnung an den in's Schwärmen übergehenden Zoosporen auf die Anwesenheit einer verschleimenden Substanz hindeuteten.

Wenn 4 Makrozoosporen aus der geöffneten Mutterzelle sich in Freiheit setzen, so beobachtet man in günstigen Fällen die farblose Umhüllungsblase (Taf. XXXVI. Fig. 2 d. e), in welcher die vier Zoosporen während ihrer Geburt eingeschlossen sind, viel leichter, als dies bei bloss zwei Makrozoosporen der Fall ist. Dass es auch hier die innerste Membranschicht der Mutterzelle ist, welche — von der mittleren Membranschicht sich ablösend, die Zoosporen als Umhüllungsblase einschliesst, braucht kaum besonders hervorgehoben zu werden. Bekanntlich war es Alexander Braun, welcher zuerst den Ursprung der Umhüllungsblase richtig deutete, auch die ersten Geburtsstadien der zu mehreren entstehenden

Zoosporen ganz zutreffend schilderte: „Die Mutterzelle öffnet sich seitlich durch Zerreissen der Zellhaut; an dieser Zerreissung nimmt jedoch die innerste zarte Lamelle der Mutterzelle keinen Antheil, sondern dringt, durch Wassereinsaugung anschwellend und ausgedehnt, und durch diese Ausdehnung von den äussern Schichten der Mutterzelle abgelöst, in Form eines Sackes hervor." (Verjüngung in der Natur pag. 172.)

Erfolgt bei der Anwesenheit von 4 Makrozoosporen in einer Mutterzelle die Entleerung sehr langsam, so kann auch hier dem Beobachter die Anwesenheit einer Umhüllungsblase leicht entgehen. Dasselbe ist auch dann der Fall, wenn die Entleerung und die gleichzeitig stattfindende Verschleimung der Umhüllungsblase sehr rasch erfolgt.

Kann während des Entleerens der Mutterzelle eine Umhüllungsblase gesehen werden, so ist leicht zu beobachten, wie die erstentleerten kaum vor der Geburtsöffnung angekommenen Zoosporen sich innerhalb der Umhüllungsblase abrunden, dabei Wasser aufnehmen, ihr Volumen vergrössern und hiebei mit Hülfe der durch die Geburtsöffnung gespannten Umhüllungsblase ziehend auf die noch in der Mutterzelle liegenden Zoosporen einwirken, wobei — wie in Fig. 2 d Taf. XXXVI. dargestellt ist — ein Moment eintritt, der die Umhüllungsblase als einen Quersack erscheinen lässt, dessen eine Hälfte mit zwei Makrozoosporen vor der Geburtsöffnung, die andere Hälfte mit ebenso viel Zoosporen noch in der Mutterzelle liegt.

Auf diesem Stadium angelangt, kann die Mutterzelle selbst für das weitere Gelingen des Entleerens absolut Nichts mehr beitragen. In der That sehen wir auch nicht selten — und das geschieht in allen den Fällen, wo die Umhüllungsblase während der Zoosporen-Entleerung zerreisst — dass noch eine grössere oder geringere Zahl von Zoosporen in der Mutterzelle zurückbleibt und hernach entweder gar nicht mehr, oder nur mit grosser Mühe und zwar nur durch die eigene Thätigkeit der Zoosporen mit Hülfe der Cilien, in Freiheit gelangt (Taf. XXXVI. Fig. 1a bis d und Fig. 2b). Solche nicht frei gewordene Makrozoosporen vermögen — obschon sie in Wirklichkeit gar nicht oder doch nur innerhalb der Mutterzelle geschwärmt haben, — in der letzteren selbst zu keimen (Fig. 1a und b, Taf. XXXVI), wobei wir häufig beobachten, dass das hyaline Fussende des Keimlings der Geburtsöffnung der Mutterzelle abgekehrt ist, was darauf hindeutet, dass die zurückgebliebene

Zoospore im Innern der Mutterzelle nicht geschwärmt, sondern jene Lage beibehalten hat, die sie bei der Geburt der Schwester-Zoosporen erhielt.

Ist die noch unversehrte Umhüllungsblase mit sammt den 4 von ihr eingeschlossenen Makrozoosporen glücklich vor der Oeffnung der Mutterzelle angekommen, so rundet sie sich sofort ab, während sie selbst, sowie die Makrozoosporen lebhaft Wasser aufnimmt, wobei erstere zusehends an Schärfe der Contour einbüsst und schliesslich durch Verschleimung völlig verschwindet, indess die Makrozoosporen sich vergrössern, abrunden, einige ruckweise Bewegungen ausführen, und ihre 4 Cilien in freie Bewegung setzen. Durch die allmälig sich steigernde Thätigkeit der Cilien folgen die ruckweisen Bewegungen immer schneller auf einander. Ist von der Umhüllungsblase gar nichts mehr zu sehen, so scheint deren aufgequollene schleimige oder gallertige Substanz doch noch einige Zeit an gleicher Stelle, freilich auf einen grössern Raum verbreitet, vorhanden zu sein; denn die 4 Makrozoosporen haben augenscheinlich mit einem ihrer freien Bewegung hinderlichen Medium zu kämpfen, das in nichts Anderem bestehen kann, als in der verschleimten Substanz der Umhüllungsblase. Erst wenn diese letztere durch das aufgenommene Wasser hinlänglich verdünnt ist, erfolgt das vollständige Freiwerden der Makrozoosporen. Oft sieht man plötzlich alle 4 Zoosporen auf einmal aus einander eilen, oft aber macht sich eine nach der andern los. Nicht selten sieht man die letzten zwei, oder auch bloss eine letzte Makrozoospore sich noch längere Zeit an der Stelle der ursprünglich vorhandenen Umhüllungsblase mit Mühe intermittirende Bewegungen ausführen, die um so rascher auf einander folgen, je mehr durch die Schwingungen der Cilien und die ruckweisen Ortsveränderungen des Zoosporenkörpers die unsichtbar gewordene Masse der Umhüllungsblase im Wasser verbreitet und verdünnt wird, bis schliesslich auch diese letzten Zoosporen davon eilen.

In seltenern Fällen kann beobachtet werden, dass zuerst eine der 4 in der noch sichtbaren Umhüllungsblase liegenden Makrozoosporen diese letztere durchbricht und entweder sofort davon eilt, oder aber mit dem Zoosporenkörper noch einige Zeit an der Aussen-Fläche der verschleimenden Umhüllungsblase dahingleitet, während die frei beweglichen Cilien lebhaft arbeiten, bis schliesslich eine Trennung des Zoosporenkörpers und der Umhüllungsblase erfolgt, womit das vollständige Freiwerden der Makrozoospore

erreicht ist. Während dieses Processes vollziehen auch die drei noch in der Umhüllungsblase liegenden Makrozoosporen einige ruckweise Bewegungen. Sie lösen sich von einander los und gleiten längs der Innenseite ihrer Gefängnisswand dahin, bis die eine und die andere jene Austrittsstelle der ersten Makrozoospore erreicht hat oder auch an anderer Stelle die Umhüllungsblase durchbricht, um die gleichen Befreiungsprocesse zu wiederholen, wie jene. In Taf. XXXVI, Fig. 2 d und e ist dieser letztere Fall dargestellt. Bei d sehen wir den Austritt der 4 in der Umhüllungsblase liegenden Makrozoosporen, in e die letzten 2 Zoosporen, wie sie an der äussern Oberfläche der Umhüllungsblase — mit dieser gleichsam verklebt — dahingleiten, während die 4 Cilien jeder Zoospore lebhaft arbeiten. Dort sehen wir auch, dass die Längsaxe der Makrozoosporen zur Umhüllungsblase tangential situirt ist; dabei sind die 4 am hyalinen Vorderende jeder Zoospore vorhandenen Cilien noch insofern in ihrer vollen Thätigkeit gestört, als sie bei ihren lebhaften Schwingungen öfters mit der Umhüllungsblase in Berührung gelangen und nicht selten auf kurze Momente mit dieser verklebt werden. Sobald es der Makrozoospore gelungen ist, ihre Axe in radiale Richtung zur Umhüllungsblase zu bringen, sobald die Cilien als Locomotionsorgane durch nichts mehr gehemmt werden, ist ihre Schwingung eine so lebhafte, dass jene selbst nicht mehr beobachtet werden können. Dann folgt auch gleich darauf die Ablösung des Zoosporenkörpers von der Umhüllungsblase.

Die gleiche Figur (2e, Taf. XXXVI.) zeigt uns die „centrale Blase“ c. B, die — abweichend von der Cramer'schen Ansicht — hier entschieden um ein Bedeutendes kleiner (statt grösser) ist, als die Makrozoosporen. Wer die Entleerung und das Freiwerden dieser Makrozoosporen nicht selbst mit angesehen hat, möchte versucht sein, die hier gezeichnete „centrale Blase“ als etwas ganz Anderes anzusehen, nämlich als die Contur der Oeffnung in der Umhüllungsblase, aus welcher die Zoosporen in Freiheit traten. Allein diese Ansicht ist durchaus unzulässig; denn die Makrozoosporen waren schon beim Austritt aus der Mutterzelle fast endgültig abgerundet und behielten ihre kugelige Gestalt auch beim Austritt aus der Umhüllungsblase bei, so dass an ein Durchschlüpfen der Makrozoosporen durch ein kleineres Loch in der Umhüllungsblase nicht zu denken ist.

Dass bei der Bildung von 4 Makrozoosporen in einer Mutterzelle ganz evident eine bald grössere, bald kleinere centrale Blase

gebildet werden kann, was Cramer in seiner Arbeit über die Entstehung und Paarung der Schwärmsporen von Ulothrix in Abrede stellt, ist oft schon an der noch nicht entleerten Zoosporen-Mutterzelle unzweideutig zu erkennen. Wiederholt habe ich schon im Frühjahr 1875 beobachtet, was ich erst am 7. Januar 1876 in einer besondern Zeichnung so genau als möglich darzustellen versuchte. Da sehe ich in einer Makrozoosporen-Mutterzelle zwischen zwei entleerten Zellen eines frischen Ulothrixfadens den ganzen Inhalt stark turgesciren, so dass diese nicht entleerte Zelle vollständig Kugelgestalt besitzt. Der Inhalt zeigt ganz deutlich 4 grosse, abgerundete grüne Makrozoosporen und eine kleinere, wasserhelle, scharf contourirte Blase von kugeliger Gestalt mit etlichen stark lichtbrechenden farblosen Körnchen. Diese Blase mit ihrem durchaus farblosen Inhalt besitzt eine etwas geringere Grösse, als die an sie angrenzenden Makrozoosporen. Sie ist ganz evident die von Cramer für die Makrozoosporen bildenden Mutterzellen verneinte „centrale Blase“, die allerdings in vielen Fällen nicht so direkt beobachtet werden kann, wie hier. Ihre Grösse variirt auch ziemlich stark, so dass ihre Dimensionen oft ein ungewöhnliches Minimum erreichen.

Aus weitern Beobachtungen in dieser Richtung, die ich während des Winters 1875/76 anstellte, muss ich entnehmen, dass ein Analogon für die „centrale Blase“ sogar in solchen Mutterzellen vorhanden ist, die bloss 2 Makrozoosporen bilden. Dort ist diese „centrale Blase“ allerdings noch viel kleiner, als in allen übrigen Fällen, ein Bläschen, dessen Durchmesser mehrfach hinter dem Durchmesser einer Makrozoospore zurücksteht. In den meisten Fällen zerfliesst dieses Bläschen allerdings schon während der Geburt, in seltenen Fällen kann es während der Sporenentleerung noch beobachtet werden. Häufig enthält es, wie die centrale Blase von Mutterzellen mit mehreren Zoosporen auch einige stark lichtbrechende farblose Körnchen, die während oder nach der Geburt rasch zerfliessen oder nach der Verschleimung der centralen Blase von der einen oder der andern davon eilenden Makrozoospore noch ein Stück Weges mitgeschleppt werden.

Auch in den seltenern Fällen, wo die Umhüllungsblase und die „centrale Blase“ im Moment des Davoneilens der letzten Makrozoospore noch sichtbar sind, nehmen jene beiden Blasen sehr rasch an scharfer Zeichnung ab; nach wenigen Sekunden, nach ¼ oder ½ Minute ist weder die eine noch die andere Blase mehr sichtbar.

Grosse Aehnlichkeit mit der Entleerung von 4 Makrozoosporen besitzt derselbe Vorgang bei 8 Zoosporen (Taf. XXXIV. Fig. 19b. c.) und die Entleerung von 16, 32 und mehr Mikrozoosporen (Taf. XXXIV. Fig. 22, 23 und Taf. XXXVI. Fig. 3). Der stark turgescirende Inhalt der abgerundeten Zoosporen-Mutterzelle drückt so auf die Membran, bis an einer Stelle der Cylinderwand, wahrscheinlich unter gleichzeitiger Verschleimung eines ganzen Membranstückes, eine Oeffnung entsteht, durch welche die in der Umhüllungsblase (aufquellende innerste Membranschicht der Mutterzelle) eingeschlossenen, lebhaft Wasser aufnehmenden Zoosporen langsam herausgleiten. Auch hier kann man leicht beobachten, wie die einmal herausgetretene Partie des Geburtsobjektes auf die noch in der Mutterzelle liegende Partie der mit Zoosporen erfüllten Umhüllungsblase ziehend einwirkt (Taf. XXXIV. Fig. 23). Ebenso tritt auch hier häufig der Fall ein, dass die Umhüllungsblase beim Geburtsakt in Folge des starken Zuges zerreisst, so dass dann eine Anzahl von Zoosporen, in der Regel 4, sammt dem zurückgebliebenen Theil der Umhüllungsblase in der Mutterzelle liegen bleibt (Taf. XXXIV. Fig. 22z, Fig. 23 c u. d). Dabei muss dem Beobachter auffallen, dass während des Zerreissens der Umhüllungsblase die Cilien der in der Mutterzelle zurückbleibenden Zoosporen durch die Geburtsöffnung herausgezogen werden (Taf. XXXIV. Fig. 22 b z und Fig. 23 d), woraus wohl zu schliessen ist, dass die Cilien der Zoosporen in der Umhüllungsblase peripherisch situirt sind. Während in diesen Fällen vor der Oeffnung der Mutterzelle die Zoosporen sich nach und nach aus dem betreffenden Theil der Umhüllungsblase frei machen und der letztere alsbald verschwindet, gelingt es der einen und der andern in der Mutterzelle zurückgebliebenen Zoospore, sich ebenfalls in Freiheit zu setzen, das heisst, mit Hülfe der freibeweglichen Cilien den Ausweg durch die Geburtsöffnung zu finden, während dies oft bei 1 oder 2 Zoosporen nicht gelingt, wobei oft beobachtet werden kann, dass diese endgültig gefangen bleibenden Zoosporen in der Mutterzelle selbst Bewegungen ausführen, ihre Lage und den Ort wechseln, so dass sie schliesslich ihre Cilien oft von der Geburtsöffnung abkehren.

Wie bei der Geburt und der vollständigen Befreiung der Makrozoosporen kann man auch bei der Geburt der Mikrozoosporen Schritt für Schritt den Verschleimungsprocess der Umhüllungsblase verfolgen. Die Erscheinungen des Abgleitens von der noch nicht aufgelösten Umhüllungsblase sind ganz dieselben, wie bei den

Makrozoosporen in Fig. 2 c Taf. XXXVI. Bei der Entleerung von 16, 32 und mehr Zoosporen tritt aber die „centrale Blase" stärker in den Vordergrund, als in den übrigen Fällen. Dort ist diese letztere bedeutend grösser, als eine Zoospore, ja in manchen Fällen nimmt sie sogar den grössten Theil des Zellinhaltes ein, so dass die zahlreichen Mikrozoosporen bloss eine dünne Schicht zwischen der Umhüllungs- und der centralen Blase bilden. Dann sehen wir nicht selten, dass die vor der Geburtsöffnung angelangte abgerundete Masse eine Hohlkugel darstellt, gebildet von den zahlreichen Mikrozoosporen, welche von der verschleimenden Umhüllungsblase umgeben sind (Taf. XXXVI. Fig. 3; vergl. auch Fig. 1 c und d der gleichen Tafel).

Nach wenigen Sekunden zerfliesst aber gewöhnlich die Umhüllungsblase und dann sehen wir, wie die einzelnen noch mit der schleimigen Masse der letzteren kämpfenden Zoosporen sich successive von der centralen Blase ablösen und rasch davoneilen. Es kann auch der Fall eintreten, dass die noch nicht losgemachten Mikro-Zoosporen durch die lebhafte Schwingung der Cilien vereint eine langsame Rotation der noch nicht aufgelösten centralen Blase zu Stand bringen, wie ich dies schon im Frühjahr 1870 beobachtet und auf einer Tafel dargestellt habe.

Weniger häufig ist der Fall, wo die lebhaft Wasser aufnehmenden, mehr und mehr sich vollständig abrundenden Mikrozoosporen die sie einschliessende Umhüllungsblase an irgend einer Stelle sprengen, ehe sie genügend verschleimt ist, um an der ganzen Peripherie ein Entweichen der Mikrozoosporen zu gestatten. Dann stürzen die meisten Zoosporen mit grosser Hast durch diese einzige Oeffnung in der farblosen Umhüllungsblase, um sofort den tollen Tanz des Schwärmens zu beginnen, während die wenigen zurückgebliebenen Mikrozoosporen im Innern der Umhüllungsblase selbst so lange herumschwärmen, bis sie die Oeffnung ebenfalls gefunden haben, oder bis die ganze Masse der Umhüllungsblase selbst zerflossen ist. Dass bei dieser plötzlichen Entleerung der Umhüllungsblase in ihrem Innern ein ziemlich starker hydrostatischer Druck sich geltend macht, sieht man sofort aus der Energie des Entleerungsvorganges, wobei die ersten Mikrozoosporen augenscheinlich mit Gewalt aus der Oeffnung der geborstenen Hüllblase herausgeworfen werden. Ohne Zweifel ist es zum Theil die Masse der verschleimenden centralen Blase, zum Theil auch mitwirkend eine zwischen den einzelnen Zoosporen vorhandene, stark quellungs-

fähige Grenzsubstanz, welche vereint mit den lebhaft Wasser aufnehmenden Zoosporen den starken Turgor des ganzen Geburtsballens verursachen.

Es ist nicht zu übersehen, dass die Verschleimung und das damit Hand in Hand gehende Unsichtbarwerden der Umhüllungsblase schon während des Geburtsaktes der Mikrozoosporen so weit vorgeschritten ist, dass man oft von der Umhüllungsblase selbst und gewöhnlich auch von der centralen Blase — namentlich bei langsamer Geburt — direkt Nichts mehr sehen kann. Dagegen beobachtet man dann, dass die sich vollständig abrundenden Zoosporen mit den erst langsam und intermittirend sich bewegenden Cilien in einem ihre Bewegung hemmenden unsichtbaren Medium liegen, dass ohne Zweifel nichts Anderes ist, als die im klaren Wasser zerfliessende Masse der Umhüllungs- und vielleicht auch der centralen Blase. Auffallend ist weiterhin der Umstand, dass in solchen Fällen sehr häufig die Mikrozoosporen einer und derselben Mutterzelle vor der Geburtsöffnung der letztern sich gruppenweise auflösen und zwar so, dass je 4 Zoosporen zusammen längere Zeit, nachdem sie sich von den übrigen Gruppen getrennt haben, gemeinsam tummelnde Bewegungen ausführen, oft sich weit von der Geburtsstätte entfernend, ehe die Einzel-Individuen dieser 4sporigen Gruppen aus einander treten und das selbständige Schwärmen beginnen. Ich sah diesen Vorgang am 7. Mai 1875 zu wiederholten Malen bei Zellen, die 16 Mikrozoosporen entleerten, wobei die ganze Sporen-Colonie erst in 4 viersporige Gruppen zerfiel, wovon die letzte Gruppe längere Zeit vor der Geburtsöffnung liegen blieb, nachdem die andern drei Gruppen bereits das Weite gesucht und sich aufgelöst hatten. Hiebei dürfen wir uns auch daran erinnern, dass beim Zerreissen der Umhüllungsblase während der Geburt in der Regel ebenfalls 4 Mikrozoosporen in der Mutterzelle zurückbleiben. Diese Erscheinung deutet wohl auf die Entstehungsweise der Mikrozoosporen hin, die durch succedane Zweitheilungen des plasmatischen Zellinhaltes entstehen, so dass während des Bildungsprocesses der Zellinhalt nach einander 2, dann 4, dann 8, dann 16, erst später 32 etc. Partieen darstellt. Es ist zu vermuthen, dass je 4 zusammen eine tummelnde Gruppe bildende Zoosporen die letzten Theilungsprodukte einer Mutterportion des ursprünglichen Zellinhaltes darstellen. Ich halte es auch für mehr als wahrscheinlich, dass diese letzten Theilungsprodukte noch durch eine gemeinsame Hüllsubstanz verbunden

sind, die sich erst während oder kurz nach der Geburt im Wasser auflöst. Würde sich dann der Auflösungsprocess der Hüllsubstanz mehr verzögern, als das Zerfliessen der ganzen Umhüllungsblase, so wäre leicht verständlich, wie jene 4-sporigen Gruppen entstehen und sich länger vereiniget erhalten könnten, als in dem Falle, wo die Hüllsubstanz der letzten Theilungsprodukte des mütterlichen Zellinhaltes schon frühzeitig, vor oder während der Geburt verflüssigte. Ich wage nicht, die Anwesenheit einer solchen Hüllsubstanz, die man passend auch Demarkations-Substanz der Sporengruppen nennen könnte, für alle Fälle zu behaupten. Allein einige Erscheinungen dürften auf ihre Anwesenheit schliessen lassen. Es ist überhaupt noch fraglich, ob nicht zwischen allen Zoosporen von Ulothrix zonata in der Mutterzelle eine Demarkationssubstanz vorhanden ist, welche — ähnlich wie die innerste Membranschicht der Mutterzelle — die Fähigkeit besitzt, zur Zeit der Sporenreife beträchtlich viel Wasser aufzunehmen. Dann würde sich auch erklären, warum die Zoosporen so oft schon in der Mutterzelle abgerundet erscheinen und in den Fällen, wo dies nicht der Fall, die einzelnen polyedrischen Mikrozoosporen scharf von einander abgegrenzt und durch eine dünne wasserhelle Schicht von einander getrennt sind (vergl. Taf. XXXVI. Fig. 1 c, d, e). Weitere Untersuchungen müssen hierüber noch entscheidendere Momente bieten, ehe ich diese Frage als gelöst betrachte.

Doch will ich nicht unterlassen, den vorstehenden im Sommer 1875 niedergeschriebenen Argumenten noch die Aufzeichnungen über eine weitere diesbezügliche Beobachtung vom 26. Novbr. gleichen Jahres anzureihen, da dieselben sehr geeignet sind, die oben berührte Frage über die Anwesenheit einer schwellbaren, quellungsfähigen Demarkations-Substanz zwischen den reifen Zoosporen einer nahen Lösung entgegenzuführen.

Am 26. Novbr. holte ich von dem Springbrunnen vor dem Polytechnicum frisches Untersuchungsmaterial, nämlich grüne Fadenbündel von Ulothrix, die in Eiszapfen eingefroren in's angenehm temperirte Laboratorium gebracht und dort — in frischem Wasser liegend — zum Aufthauen veranlasst wurden. Aus diesen aufgethauten Massen entleerten sich unzählige Makrozoosporen, meist zu zwei, aber auch zu 4 oder einzeln in einer Mutterzelle entstehend; seltener entdeckte ich einen Faden, der Mikrozoosporen enthielt und solche entleerte. Um so überraschender waren die Erscheinungen des Entleerungsprocesses dieser letztern. An einem

Faden sah ich Mikrozoosporen aus zwei benachbarten Zellen zugleich austreten; jede Zelle enthielt deren 16 (Taf. XXXIII. Fig. 6 aa). Ohne Zweifel erfolgte die Geburt zu frühe unter dem Einfluss des raschen Aufthauens und der beträchtlich höhern Zimmerwärme des Laboratoriums. Die rothen Pigmentflecke („Augenpunkte") waren kaum erkennbar. Die Geburt ging sehr langsam vor sich. Aussen angekommen verschleimte die Umhüllungsblase der 16 Zoosporen ganz langsam. Letztere bewegten sich kaum, nahmen aber lebhaft Wasser auf. Nun trat ein Stadium ein, wobei je 4 Mikrozoosporen zusammen in einer wasserhellen, nur mit wenigen farblosen Körnchen ausgestatteten kleinen Blase liegend, zu sehen waren (Taf. XXXIII. Fig. 6). Die sämmtlichen 32 Mikrozoosporen der zwei entleerten Zellen a a lagen in 8 solchen deutlich erkennbaren kleinern Blasen, die mehr und mehr anschwollen, bis sie zerflossen. Hierbei vergrösserten sich auch die unreifen Mikrozoosporen, ohne jedoch zu schwärmen. Sie degenerirten alsbald; an einigen waren immerhin deutlich die zwei freigewordenen Cilien zu sehen, die sich augenscheinlich nur versuchsweise bewegten, aber nichts auszurichten vermochten.

In einer andern Zelle b desselben Fadens blieben 4 Mikrozoosporen in einer kleinen Blase eingeschlossen zurück, während 3 × 4 Mikrozoosporen mit sammt den drei sie umschliessenden Blasen geboren wurden, aber ebenfalls nicht zu schwärmen vermochten.

Unter demselben Deckglas sah man da und dort degenerirende, stark aufquellende Mikrozoosporen zu je 4 in der Specialumhüllungsblase — wie ich diese kleinern Blasen nennen will — liegen. Ja, an einigen Stellen konnte man den Zerfall eines Geburtsballens successive so weit verfolgen, dass schliesslich nur noch je zwei Mikrozoosporen in einer sie einhüllenden kleinen Blase zu sehen waren.

Könnten wir die in Vorstehendem angeführten Thatsachen nicht auch als den Ausdruck krankhafter Erscheinungen betrachten (woran uns übrigens der oben citirte Vorgang vom 7. Mai 1875 hindern dürfte), sondern als allgemein herrschende, nur wegen zu rascher Abwicklung der Einzel-Vorgänge in der Regel nicht controlirbare Erscheinungsreihe, so müssten uns diese Thatsachen, die ich auch in Zeichnungen fixirt habe, zu folgender Deutung veranlassen:

Jede Zoospore von Ulothrix zonata ist umgeben von einer äusserst dünnen farblosen, quellbaren Hüllschicht, die bei der Geburt rechtzeitig zerfliesst, sofern die Zoospore schwärmen soll.

Wo zwei Zoosporen in einer Zelle entstehen, sind dieselben nicht allein von der quellbaren peripherischen Schicht des ganzen plasmatischen Inhaltes (abgesehen von der Umhüllungsblase, welche die innerste Membranschicht der Mutterzelle darstellt) umgeben, sondern jede Makrozoospore für sich noch von einer besondern Hüllschicht begrenzt. Letztere ist das Produkt der peripherischen Ausscheidung von quellbarer Substanz jeder einzelnen Tochterzelle. Erfolgt nochmalige Theilung zur Bildung von 4 Zoosporen, so entstehen succedan in einander geschachtelte Hüllschichten; die äusserste umgibt als Produkt des ursprünglich ungetheilten plasmatischen Inhaltes der Mutterzelle alle 4 Zoosporen; sie umschliesst aber zwei kleinere Hüllblasen mit je zwei Zoosporen, während letztere selbstverständlich an ihrer ganzen Oberfläche ihre besondere Hüllschicht ausscheiden. Sind 8 Zoosporen vorhanden, so haben wir uns die quellbare Masse als dreifach in einander geschachtelte Blasen zu denken. Sind 16 Zoosporen in einer Mutterzelle, so ist die Einschachtelung eine vierfache u. s. f.

Diese quellbare Hüllsubstanz von 1, 2, 4, 8, 16 etc. Zoosporen ist ein Produkt des sich succedan theilenden plasmatischen Zellinhaltes; wir können sie als Analogon für die in einander geschachtelten Gallerthüllen der aus einer Mutterzelle hervorgehenden Colonieen mancher Palmellaceen betrachten. In Anbetracht ihrer kaum zu unterschätzenden physiologischen Bedeutung für die Geburt der Zoosporen von Ulothrix möchte ich sie quellbare Demarkationssubstanz nennen.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen wird sie nicht direkt beobachtet, was aber nach meinem Dafürhalten kein Grund sein sollte, ihre Anwesenheit auch dort, wo sie eben nicht mehr der Beobachtung zugänglich ist, zu leugnen.

Nicht minder schwierig ist die Frage der centralen Blase zu lösen. Ich habe schon oben bemerkt, dass ich diese letztere auch bei der Entleerung von 4 und sogar bei 2 Makrozoosporen beobachtet und von geringerem Durchmesser gefunden habe, als eine Makrozoospore (Vergl. Taf. XXXVI. Fig. 2 e), dass sie dagegen in Zellen mit 8—16—32 und mehr Mikrozoosporen sehr gross ist und schon in der Mutterzelle liegend, frühzeitig als scharf conturirte, glashelle Kugel bald den centralen Hohlraum der Zelle einnimmt, bald aber auch excentrisch der cylindrischen oder auch einer Querwand anliegt. Cramer, der die Anwesenheit der centralen Blase bei Zellen mit bloss 2, oder 4 oder 8 Sporen verneint, ist

der Ansicht, dass die centrale Blase, die nach ihm nicht selten selber etwas wandständigen grünen Inhalt, bisweilen sogar 2 Cilien und einen rothen Fleck besitze, ja sogar wenn auch selten zu schwärmen vermöge, „als eine Zoospore zu deuten sei, die vermuthlich in Folge Unterbleibens der Theilung einer Uebergangszelle grösser als die übrigen Zoosporen" wäre. Dagegen scheinen nach meinen oben mitgetheilten Beobachtungen mehrere Momente zu sprechen, von denen das gewichtigste wohl die Anwesenheit einer centralen Blase bei Zellen mit bloss 4 Makrozoosporen ist. Hier kann sie doch unmöglich als ein den Zoosporen homologes Gebilde betrachtet werden. Die Zahl 4 repräsentirt das Resultat der zwei stattgehabten Zweitheilungen des grünen plasmatischen Inhaltes der Mutterzelle. Die centrale Blase muss also in diesem Falle als besonderes Gebilde des farblosen Inhaltes angesehen werden. Allerdings verhehle ich nicht, dass die Cramer'sche Deutung die einfachste Erklärung wäre; sie kann aber in den Fällen, wo entweder 4 oder genau 8, oder genau 16, oder genau 32 Zoosporen die Zelle verlassen, nicht acceptirt werden. Auch ist mir sehr wahrscheinlich, dass die Cramer'sche Angabe, es könne die centrale Blase sogar chlorophyllhaltiges Plasma und zwei Cilien besitzen, auf einer Täuschung beruht. Ich habe unter Hunderten von lebhaft schwärmenden und sich copulirenden Mikrozoosporen, die ich mit einer Pipette aus einer grünen Wolke von Zoosporenhaltiger Flüssigkeit auf den Objektträger gebracht, mehrere glashelle Blasen beobachtet, die scheinbar mit Cilien behaftet, nur am hintern Ende zwei kleine Partieen grünen Plama's enthielten (Taf. XXXIV. Fig. 15, 16, 17), im übrigen Theil der wasserhellen Kugel aber nur wenige farblose tanzende Körnchen zeigten. Diese „schwärmenden" Blasen besassen aber zwei rothe Punkte und bewegten sich sehr träge, zeigten auch mehr als 2 Cilien (Taf. XXXIV. Fig. 15, 16, 17 a) und liessen die zwei grünen Plasmaportionen sammt den rothen Flecken sich ablösen, während die hyaline Blase mit ihren tanzenden Körnchen sehr schnell degenerirend sich auflöste (Taf. XXXIV. Fig. 15 b, c., Fig. 16 b). Die Blase 17 a degenerirte sammt den beiden grünen Plasmapartieen, ohne dass diese letzteren vorher sich loslösten. Nach all den verschiedenen Beobachtungen, die ich über die Entleerung, über das Schwärmen und die Copulation der Mikrozoosporen gemacht habe, geht meine Ansicht dahin, dass die in Fig. 15, 16, 17 Taf. XXXIV. dargestellten schwärmenden Kugeln wohl nichts Anderes sind, als frei

gewordene „centrale Blasen“ von Mutterzellen mit Mikrozoosporen. Die zwei kleinen Partieen grünen Plasmas am Hinterende der träge in Bewegung gesetzten Kugel sind wohl nichts Anderes, als 2 an der centralen Blase hängen gebliebene Mikrozoosporen, die Cilien, welche die Blase zu bewegen vermochten, sind nichts Anderes als die Cilien dieser 2 Zoosporen, welch letztere, als sie schliesslich zur Ruhe gelangten, sich in den beiden Fällen (Taf. XXXIV. Fig. 15 und 16) schliesslich doch noch von der centralen Blase ablösten, wenigstens mit dem grünen chlorophyllhaltigen Theile.

Eine eben so nahe liegende Deutung geht dahin, dass die eben angeführten Erscheinungen sich auch auf die früher erwähnten Specialumhüllungsblasen zurückführen lassen. Ich habe gezeigt, dass bei der Geburt von Mikrozoosporen nicht selten der ganze Geburtsballen nach der Verschleimung der Umhüllungsblase in Gruppen von Mikrozoosporen zerfällt; dass jede dieser Gruppen bis zum Sichtbarwerden von noch kleinern Blasen mit je zwei Mikrozoosporen vorschreitet und dass solche Special-Umhüllungsblasen nicht selten von den davoneilenden Zoosporen noch eine Strecke Weges mitgeschleppt werden, ehe sie zerfliessen. Das sind Erscheinungen, die auf ganz natürliche Weise die in Fig. 15, 16 und 17 Taf. XXXIV. dargestellten Processe befriedigend erklären, selbst ohne die Annahme, dass wir es dort mit einer centralen Blase, sondern vielmehr mit zerfliessenden Special-Umhüllungsblasen zu thun haben.

Etwas Aehnliches kann Cramer veranlasst haben, die centrale Blase selbst als mit Cilien behaftet aufzufassen. In keinem Falle kann ich mich aber zu der Annahme verleiten lassen, als sei die centrale Blase ein den Zoosporen homologes Gebilde, das selbst mit Cilien ausgestattet sein könne, oder gar grünes Plasma enthält. Meine zahlreichen Beobachtungen leiten mich vielmehr zu folgender Deutung:

Die centrale Blase ist ursprünglich die mit klarer Zellflüssigkeit erfüllte wasserhelle Vacuole, welche in der Zoosporen-Mutterzelle vor der vollendeten Zoosporenbildung in grösserem oder geringerem Umfang das Centrum der Zelle einnimmt. Um diese centrale Vacuole gruppirt sich das grüne, chlorophyllhaltige Plasma, welches in der vegetativen Zelle als der bekannte grüne Gürtel an der cylindrischen Zellwand erscheint, das aber beim Beginn der Zoosporen-Bildung sich über die ganze Innenfläche der Mutterzellmembran ausbreitet und die Vacuole vollständig

umgibt. Je nach der relativen Menge des grünen plasmatischen Inhaltes der Mutterzelle ist diese centrale Vacuole entweder gross oder klein. Bei der Bildung einer einzigen Makrozoospore wird diese centrale Vacuole zum Aufbau des Zoosporen-Körpers mit verwendet und individualisirt sich also nicht. Vor oder während der Theilung des Zellinhaltes zur Bildung zweier Makrozoosporen dagegen wird die centrale Vacuole der Mutterzelle von einem farblosen (Protoplasma?-) Häutchen umgeben, indess das rings herum gelagerte grüne Plasma durch die bekannte horizontale erste Theilungsfläche in zwei Portionen zerfällt und zu den zwei Makrozoosporen sich umbildet.

Bei der Bildung von 4, 8, 16, 32 und mehr Zoosporen wird immer nur das um die centrale Vacuole situirte Plasma getheilt und zwar, wie ich schon in einem frühern Kapitel gezeigt, durch Theilungsflächen, die senkrecht auf den Wänden der Mutterzelle und folgerichtig auch senkrecht auf der Peripherie der centralen Vacuole („centralen Blase") stehen. Selbstverständlich entstehen hiebei in dem ausschliesslichen Bildungsmaterial der Zoosporen, sobald diese zu 2, 4, 8, 16 etc. gebildet werden, neue Vacuolen, die zu jenen Blasen umgewandelt werden, welche den Innenraum der Zoosporen erfüllen (man vergl. oben das Kapitel über die Form und Organisation der Zoosporen). Nun wird auch verständlich, warum die centrale Blase oder diese centrale Vacuole der Mutterzelle um so grösser ist, je grösser die Anzahl der um sie gelagerten Zoosporen, dass sie dort sogar den grössten Theil des Zelllumens erfüllt, wo in einer relativ chlorophyllarmen Zoosporen-Mutterzelle sehr viele Mikrozoosporen in's Dasein treten, dass sie da am kleinsten ist, wo die chlorophyllreiche Fadenzelle bloss zwei grosse Makrozoosporen bildet; dass sie ferner sogar vollständig der Beobachtung entgeht, wo ihre Dimensionen auf ein Minimum beschränkt sind, während die Grösse der Zoosporen das Maximum erreicht.

Meine Ansicht geht endlich dahin, dass die centrale Vacuole („centrale Blase") für den Geburtsmechanismus, wie ich schon oben bemerkte, von hoher Bedeutung ist. Sie hat die Fähigkeit, während oder nach der Geburt vollständig zu verschleimen und hiebei durch Wasseraufnahme den Turgor des ganzen Geburtsballens erhöhen zu helfen. Ob ihr wasserheller Inhalt eine beträchtliche Menge organischer Substanzen gelöst enthält, wird schwer zu ermitteln sein, ist aber wohl zu vermuthen. Dass sie sogar schon vor der

Geburt der Zoosporen zerfliessen kann, glaube ich schon oben gesagt zu haben.

Ob man endlich in der centralen Vacuole, wie ich die „centrale Blase" von nun an nennen möchte, ein Analogon für die bei höhern Kryptogamen (Equiseten, Rhizocarpeen, Selaginellen, Isoëten etc.) vorhandene Blase in den Spermatozoiden-Mutterzellen vor sich habe, lasse ich unentschieden, um so mehr, als die von mir oben signalisirten Specialumhüllungsblasen der Mikrozoosporen noch weit mehr Vergleichungspunkte bieten, um als Analogon für das jenen Spermatozoiden anhängende behäutete Bläschen aufgefasst zu werden. Eines aber scheint mir ausser Frage zu sein, dass die „centrale Blase" (centrale Vacuole) in der Zoosporenmutterzelle der Ulothrixfaden ihr Analogon besitzt in jener centralen Vacuole, welche sich bei der Bildung von Zoosporen im Innern der reifen Zygospore von Ulothrix zeigt. (Man vergl. unten das Kapitel über die Entwicklung der Zygospore nach der Ruhezeit.)

Im Folgenden stimme ich der Cramer'schen Deutung des Geburtsmechanismus der Zoosporen von Ulothrix zonata in den Hauptpunkten bei und beschränke mich darauf, gleichsam resümirend hier die betreffende Stelle aus Cramer's Darstellung mit etlichen erweiternden und corrigirenden Bemerkungen wiederzugeben.

„Kurz vor dem Entleeren der Zoosporen sind die Ulothrixfäden rosenkranzförmig (nicht immer! Taf. XXXI. Fig. 1 b; Taf. XXXII., Taf. XXXIV. Fig. 19 und Taf. XXXVI. Fig. 2 und 3). Sobald eine Mutterzelle geplatzt ist, sinkt sie zusammen und es wölben sich die noch nicht entleerten Nachbarzellen gegen dieselbe convex vor; nicht entleerte, zu beiden Seiten von entleerten Zellen begrenzte Mutterzellen sind allseitig convex, gleichviel ob sie wenige oder viele Zoosporen enthalten. (Vergl. Taf. XXXII. Fig. 1 c, 2 u. 3, Taf. XXXIV. Fig. 19, 22, 23 und Taf. XXXVI. Fig. 2 und 3.) Bei Entleerung der Zoosporen sinken auch diese vereinzelten Mutterzellen zusammen. Es ist nach alledem zweifellos, dass in nicht entleerten Mutterzellen ein bedeutender hydrostatischer Druck besteht. Dass dieser Druck eine Folge der Wasseraufnahme der Zoosporen ist, wird dadurch wahrscheinlich, dass die Zoosporen während des Schwärmens unter Wasseraufnahme sich vergrössern, eine andere Ursache aber nicht zu erkennen ist."

Hier habe ich dem Cramer'schen Argument ein Weiteres beizufügen. In allen lebenden Zellen von Ulothrix — gleichviel ob sie in vegetativem Zustand oder im Stadium der Reproduktion

sich befinden — herrscht ein beträchtlicher hydrostatischer Druck, ähnlich wie in den lebhaft assimilirenden Fadenzellen von Spirogyra und andern Zygnemaceen. Wird ein solcher assimilirender Faden beim Präpariren zerrissen, so stülpt sich die Querwand der nächstliegenden unverletzten Fadenzelle eines jeden Fragmentes convex nach Aussen gegen die zerrissene Zelle vor. Schon Nägeli hat vor Jahren darauf aufmerksam gemacht, dass man oft eine prächtige Abstufung in der Convexität der Querwände bei abgerissenen Zellreihen an Wasseralgen beobachten kann und zwar der Art, dass in Folge Zerreissens eines Algenfadens die Querwände der unverletzten Zellen auf grössere Distanzen gegen die zerrissene Zelle hin sich convex vorwölben. Die der Rissstelle zunächst gelegene Querwand ist am meisten gewölbt, weniger als diese ist die zweite Zellwand, weniger als die zweite ist die dritte u. s. w. Querwand vorgewölbt, bis schliesslich bei der 5. bis 10. Zelle die Convexität gleich Null wird.

Wenn also schon in rein vegetativen Zellen von Ulothrix, Spirogyra, Zygnema etc. sich der hydrostatische Druck des Zellinhaltes durch das Convexwerden der Querwände gegen verletzte Zellen hin bemerkbar macht, so ist dieser hydrostatische Druck bei sporenerfüllten Zellen von Ulothrixfaden kein charakteristisches Moment; wohl aber wird derselbe in Zellen mit Zoosporen grösser sein, als in bloss vegetirenden Zellen, weil, wie ich in einem vorhergehenden Kapitel gezeigt habe, bei den zoosporenbildenden Zellen das grüne assimilirende Plasma in grösserer Menge vorhanden ist, als in bloss vegetirenden Zellen. Das chlorophyllhaltige Plasma aber ist es, welches bekanntlich unter dem Einfluss des Sonnenlichtes lebhaft assimilirt und daher die Concentration der Zellflüssigkeit mit ihren gelösten organischen Substanzen erhöht. Der assimilirenden Thätigkeit des reichlich vorhandenen grünen Plasmas ist also ohne Zweifel zum grossen Theil der stärkere hydrostatische Druck in den sporenhaltigen Mutterzellen zuzuschreiben. Jener Thätigkeit verdanken wir wohl auch die Erscheinung, dass die Entleerung der reifen Zoosporen unter normalen Verhältnissen gewöhnlich am Anfang des Tages, bei oder kurz nach dem Beginn der Einwirkung des Sonnenlichtes vor sich geht, nachdem sich während der letzten 24 Stunden das grüne Plasma der Mutterzelle in Zoosporen umgebildet hat. Dabei bleibt nicht ausgeschlossen, dass die lebhaftere Assimilation unter dem Einfluss des Tageslichtes auch eine Reihe anderer chemischer Vorgänge in

der Zelle nach sich zieht, die wir unter dem Ausdruck Stoffmetamorphosen zusammenfassen und als secundäre Ursache für die grösseren Druckverhältnisse in der Sporenmutterzelle betrachten können. Jeder Process hat bekanntlich seine günstigsten Temperaturgrade; bringen wir daher Algenfaden mit fast fertig gebildeten Zoosporen aus dem bisherigen normal temperirten Medium, z. B. aus kaltem Brunnenwasser in solches von höherem Temperaturgrad, beispielsweise zum Zwecke der mikroskopischen Untersuchung in ein geheiztes Zimmer, so sehen wir sehr häufig, dass die Entleerung der Zoosporen, welche in kaltem Wasser erst am folgenden Morgen stattfinden würde, unter gewöhnlicher Zimmertemperatur schon am Nachmittag vorher vor sich geht. Dabei wirkt ohne Zweifel noch ein anderes Moment in hohem Grade mit: Bei der mikroskopischen Untersuchung wird concentrirteres und von allen Seiten einwirkendes Tageslicht angewandt. Der Mikroskopiker kann bei der Untersuchung von Ulothrix zonata hundert Mal erfahren, dass während der Untersuchung unter dem Deckgläschen lebhafte Assimilation stattfindet, indem sich stets zahlreiche Sauerstoffbläschen in der stark beleuchteten Flüssigkeit absondern. Der höhere Temperaturgrad und das concentrirtere Tageslicht beschleunigen den Assimilations-Process in den sporenführenden Zellen und verursachen eine rasche Steigerung des hydrostatischen Druckes des Zellinhaltes auf die Membran der Mutterzelle in Folge energischer Wasseraufnahme. Kommt nun noch hinzu, dass bei der Anwesenheit einer centralen Blase und der von mir wiederholt berührten Demarkationssubstanz zwischen den reifen Zoosporen, wie sie nicht selten in Form von in einander geschachtelten Special-Umhüllungsblasen zur Erscheinung kommt, sowie bei dem niefehlenden Aufquellen der innersten Membranschicht der Mutterzelle eine Summe von quellungsfähigen, rasch Wasser aufnehmenden Substanzen gleichzeitig als turgor-erhöhende Momente nebst den assimilirenden Zoosporen nach Volumvermehrung strebt, so leuchtet sofort ein, dass der hydrostatische Druck in einer mit reifen Zoosporen erfüllten Mutterzelle allerdings ein bedeutend grösserer sein wird, als in einer gewöhnlichen, vegetativen Fadenzelle.

Cramer führt weiter aus:

„Ohne Zweifel spielt nun aber dieser Druck sowohl beim Oeffnen der Mutterzellen als beim Austritt der Zoosporen eine wichtige Rolle. Es lässt sich denken, dass derselbe in der noch geschlossenen Mutterzelle allmälig so zunimmt, dass ein Zerreissen

der Membran der Mutterzelle zuletzt unvermeidlich wird. Das Zerreissen muss an der jeweilen schwächsten Stelle der vielleicht schon vor dem Platzen sich überall, jedoch nicht gleichmässig lockernden Membran der Mutterzelle eintreten. Vor dem Platzen hielten sich die Elasticität der Mutterzellmembran und das Ausdehnungsbestreben der Zoosporen das Gleichgewicht. Die Membran der Mutterzelle war natürlich stärker gedehnt, als es die in ihr wirksamen Molecularkräfte für sich allein zugelassen hätten; es waren aber auch die Zoosporen gehemmt, den ihrem Dehnungsbestreben vollkommen entsprechenden Raum einzunehmen. Mit dem Platzen der äussern Membranschicht der Mutterzelle hört nun der Widerstand, den die Elasticität der Wand der Ausdehnung der Zoosporen entgegenstellte, auf, und indem diese ihrer momentanen Spannung entsprechend sich ausdehnen, müssen sie aus dem Riss hervortreten. Damit nimmt dann aber der hydrostatische Druck im Innern der Zelle ab; es wird sich in Folge dessen die geplatzte Membran, entsprechend den in ihr wirksamen Molekularkräften, contrahiren und diese Contraktion zur zweiten, nie fehlenden Ursache des Austrittes der Zoosporen. Wo aber die geplatzte Zelle an noch nicht entleerte Zellen grenzt, da wird endlich der hydrostatische Druck im Innern der Nachbarzellen, der sich in dem Convexwerden ihrer Wände gegen die geplatzte Zelle hin äussert, zur dritten Kraftquelle, welche die Ausstossung der Zoosporen einleitet."

Diese Argumentation hat alle von mir beobachteten Erscheinungen für sich. Ich habe ergänzend hinzuzufügen, dass der Process der Entleerung der Zoosporen dort am schnellsten vor sich geht, wo die benachbarten Zellen noch vermöge ihres Turgors auf die sich entleerende Zoosporenmutterzelle einwirken, wo also diese „dritte Kraftquelle" wirklich vorhanden ist. Anders verhält es sich mit der Entleerung von Zoosporen-Mutterzellen, welche an schon entleerte Nachbarzellen grenzen. Hier ist der Entleerungsprocess ein langsamerer, da die „dritte Kraftquelle" fehlt. Darum trifft man nicht selten auf entleerte Faden, bei denen da und dort eine isolirte Zelle mit reifen Zoosporen sich gar nicht mehr zu entleeren vermochte, obschon diese letztern normal entwickelt waren, da sie in der Mutterzelle zu keimen beginnen (vergl. Taf. XXXV. Fig. 2 und 3).

Dagegen bin ich nicht im Falle, die auf obige Stelle folgende Annahme Cramer's als plausibel zu erklären. Sie lautet: „Die

direkten Beobachtungen gestatten aber die Annahme, dass auch die Umhüllungsblase der Zoosporen bis auf einen gewissen Grad passiv gedehnt sei. Ohne Zweifel nimmt die passive Dehnung unmittelbar nach dem Platzen der äussern Membranschicht der Mutterzelle und beim Beginn des Ausschlüpfens der Zoosporen, besonders im freigewordenen Theil der Umhüllungsblase erheblich zu, theils weil in diesem Zeitpunkt der centripetale Gegendruck der äussern Membranschicht der Mutterzelle aufhört, ein allgemeiner zu sein und die Wasseraufnahme der Zoosporen sich also steigern kann, theils weil die unregelmässig geformten Zoosporen beim Austreten mit Rücksicht auf Raum-Ersparniss kaum immer in die vortheilhafteste Lage kommen werden. Der unbegrenzten passiven Dehnung wirkt aber die Elasticität der Umhüllungsblase entgegen und es scheint mir mehr als annehmbar, dass der Widerstreit der Dehnung einerseits und der Elasticität andererseits im herausgetretenen Theil der Umhüllungsblase einen Zug auf den noch in der Mutterzelle befindlichen Theil in der Richtung des Austrittes ausüben werde, welchem dieser Theil um so eher folgen wird, wenn die Scheidewände noch nicht geöffneter Nachbarzellen sich gegen die geplatzte convex wölben, also einen gegen den Riss der gebärenden Zelle sich erweiternden trichterförmigen Raum umgrenzen, von dessen Wänden die Umhüllungsblase leicht abgleiten kann."

Gegen die Annahme einer bei der Entleerung der Zoosporen mitwirkenden Elasticität der Umhüllungsblase sprechen mehr Gründe, als für die entgegengesetzte Annahme, dass die Umhüllungsblase schon vor und während der Geburt so viel Wasser aufnimmt, dass sie unendlich viel weniger durch ihre Elasticität, als vielmehr durch ihre eigene Volumzunahme die Geburt befördert. Ich habe oben darauf hingewiesen, dass sehr oft von der Umhüllungsblase während und nach der Geburt nichts mehr zu sehen ist, obschon sie nach den Geburtserscheinungen zu schliessen, doch noch vorhanden ist. Meine Beobachtungen drängen mir entgegen der Cramer'schen Annahme den Schluss auf, dass die Umhüllungsblase sowohl, als auch die „centrale Blase" und die Demarkationssubstanz vor und während der Geburt ebenso wie die Zoosporen viel Wasser aufnehmen und bei diesem Quellungsprocess die letzten Funktionen des Gebärapparates übernehmen, um gleich darauf zu zerfliessen. (Man vergleiche auch: Dr. Jacob Walz, Ueber die Entleerung der Zoosporangien" in der Bot. Zeitung 1870. No. 43 und 44.)

Dass die Wasseraufnahme der Geburtsobjekte während der Entleerung eine ganz beträchtliche ist, ergibt sich aus der Vergleichung der Dimensionen des Zellinhaltes kurz vor und unmittelbar nach der Geburt (Taf. XXXIV. Fig. 23 a, b, c, d; Taf. XXXVI. Fig. 2 u. 3). Ganz besonders springt dies aus Fig. 3 in Taf. XXXVI. in die Augen, wo die entleerte Mutterzelle x kaum die Hälfte des Kubikinhaltes besessen haben mag, als der vor der Geburtsöffnung liegende, durch die Umhüllungsblase abgegrenzte Geburtsballen.

Wie bereits früher bemerkt, treten die meisten Zoosporen in der Morgenfrühe aus; bei hellem Wetter früher, als bei dunkelm Himmel. Ohne Zweifel hängt der Entleerungsprocess mit der durch das chlorophyllhaltige Plasma sich vollziehenden Assimilation zusammen. Wird letztere durch Temperaturerhöhung des Wassers beschleunigt, so kann natürlich auch die Zoosporen-Entleerung früher als unter gewöhnlichen Verhältnissen erfolgen. Darauf beruht die Erscheinung, dass Ulothrix-Fäden, die ihre Zoosporen während des Aufenthaltes in einem kühleren Medium bildeten, sobald sie in ein wärmeres Lokal versetzt werden, zu allen Tageszeiten ihre Zoosporen entleeren (vergl. das nächst folgende Kapitel V. über die Frühgeburten). Ich beobachtete die Entleerung von Makro- und Mikrozoosporen während des Frühjahrs vom Februar an bis in den Mai und constatire, dass dieselbe in meinem Arbeitszimmer auf der Universität Zürich (westlich gelegen, mit Nachmittagssonne) sowohl am Vormittag von 6—12 Uhr, als Nachmittags von 1—6 Uhr stattfand. (Von 12—1 Uhr machte ich im Beobachten Pause; es ist aber aus der Anwesenheit von schwärmenden Zoosporen in all den genannten Stunden zu schliessen, dass die Entleerung von 12—1 Uhr ebenso gut stattfindet, als vor und nach dieser Stunde.) Bei tiefstehender Sonne werden die Entleerungsprocesse in der Regel suspendirt. Nach Sonnen-Untergang sah ich — mit einer noch zu besprechenden Ausnahme — niemals Mutterzellen sich öffnen, auch gelangten die kurz vorher entleerten Zoosporen alsbald zur Ruhe. Auch Alex. Braun theilt ähnliche Beobachtungen über die Schwärmsporen von Ulothrix zonata mit (Verjüngung in der Natur, pag. 239): „Geburt und Schwärmen der Gonidien kann man den ganzen Vormittag beobachten, bis zum Nachmittag sind gewöhnlich alle reifen Zellen entleert. Einmal sah ich jedoch auch noch des Abends zwischen 6 und 7 Uhr die Geburt beweglicher Gonidien eintreten: es war an einem sehr trüben und regnerischen

Julitage, an welchem sich das Wetter zwischen 5 und 6 Uhr plötzlich aufgehellt hatte."

Sobald die Zoosporen aus dem wasserhellen Schleim der zerfliessenden Umhüllungsblase, oder wenn diese länger persistirt, von letzterer abgleitend in Freiheit gelangt sind, beginnen sie in raschem Lauf die charakteristische Schwärmbewegung, nämlich unter fortwährender Drehung um ihre Axe eine stetige Ortsbewegung in dem Sinne, dass das hyaline, cilientragende Ende nach vorn, der chlorophyllhaltige Theil nach hinten gekehrt ist. Die Drehung geschieht vorwiegend linksläufig (im botanischen — nicht im mechanischen Sinne). Diese Bewegungsart ist aber keine gesetzmässige. Ich sah Schwärmsporen von Ulothrix, die sich abwechselnd — je nach eintretenden Hindernissen — bald nach rechts, bald nach links um ihre Axe drehten.

Dabei ist die Bewegung der Cilien eine gesetzmässige, die Mantelfläche eines Kegels beschreibende, dessen Spitze mit der Insertionsstelle der Cilien oder, was dasselbe, mit dem vordersten Punkt des hyalinen Poles der Zoospore zusammenfällt. Ich habe wiederholt — wenn auch höchst selten — die günstige Gelegenheit gehabt, die Bewegungsart der Cilien ganz ungestört zu beobachten. Die Zoospore muss äusserst günstig liegen und darf sich nicht allzu lebhaft bewegen, wenn man den Charakter der Cilienbewegung ablauschen will. Bei der gewöhnlichen Beobachtung der unter dem Deckgläschen in der Flüssigkeit schwärmenden Zoosporen sind es fast immer unzählige störende Momente, welche es verhindern, dass die charakteristische Schwingung der Cilien sich längere Zeit ungehemmt vollzieht, oder wenn dieses letztere auch geschieht, der Beobachtung zugänglich erscheint. Um so frappanter berührt uns die einmal erlauschte günstige Gelegenheit, wo wir z. B. bei einer allmälig zur Ruhe kommenden Makrozoospore die 4 langen Cilien sich scheinbar wie die Speichen eines rotirenden Wagen-Rades auf einander folgen sehen. Der erste Eindruck dieser Erscheinung erinnert unwillkürlich an die Bewegung der Wimpern bei den Räderthierchen oder bei den Vorticellen. Dass die Cilienbewegung sich als die eben beschriebene herausstellen werde, liess sich wohl voraussehen; ich gestehe indessen, dass ich hieran nicht dachte, ehe ich die Erscheinung in überzeugendster Weise gelegentlich beobachtete. Es steht also ganz ausser Frage, dass die Rotationsbewegung der Zoospore von den Cilien bestimmt wird. Folgen sich die letzteren auf der Mantelfläche des spitzen Kegels, dessen

Basis der Zoospore abgekehrt ist, in dem Sinne, dass jede einzelne Cilie während der Bewegung ihre linke Seite der Axe des Kegels zu-, die rechte Seite dagegen der Kegelaxe abkehrt, so wird die Rotation der ganzen Zoospore eine linksläufige, im entgegengesetzten Sinne aber eine rechtsläufige sein. In der That geschieht die Drehung des Zoosporenkörpers um seine Axe, die mit der Bewegungsaxe der Cilien zusammenfällt, vorwiegend linksläufig (im botanischen — nicht im mechanischen Sinne).

Die Makrozoosporen bewegen sich bedeutend langsamer, als die viel kleinern Mikrozoosporen, auch viel weniger unstät und schwankend als diese. Wenn die Mikrozoosporen beim Freiwerden noch kantig sind, so ist ihre Bewegung aus leicht erklärbaren Gründen im Anfang eine unsichere, öfter die Richtung wechselnde, ich möchte sagen purzelnde, zickzackförmige, bis sich der Schwärmsporenkörper allmälig abgerundet hat, wobei die Bewegung eine regelmässigere, in grosskurvigen Schlangenlinien vor sich gehende wird.

Ueber die Dauer der Schwärmbewegung habe ich nur wenige direkte Beobachtungen gemacht, da mancherlei störende Momente eine diesbezügliche Untersuchung erschweren. Sobald nämlich der Entleerungsprocess der Sporenmutterzellen an einem Faden einmal begonnen hat, so setzt er sich stundenlang fort und ist man nur selten im Stande, eine Zoospore vom Austritt an bis zur Zeit, da sie zur Ruhe gelangt, zu verfolgen, da meist neue Schwärmsporen in's Gesichtsfeld rücken und ebenso schnell wieder verschwinden, als sie gekommen sind. Es verhalten sich auch nicht alle Zoosporen gleich; selbst unter den Mikrozoosporen gleicher Grösse macht sich bezüglich der Lebhaftigkeit und der Länge des Schwärmens eine grosse Mannigfaltigkeit geltend. Die in Folge beschleunigender Momente frühzeitig entleerten Mikrozoosporen sowohl als jene, welche in Folge ungünstiger Nachbarschaft kaum die Freiheit zu erreichen vermögen und also sehr spät entleert werden, sind in ihren Bewegungen langsamer, als die unter günstigeren Verhältnissen geborenen Schwärmsporen. In der Regel gilt: Je langsamer die Schwärmbewegung einer Zoospore nach vollendeter Geburt, desto rascher gelangt diese zur Ruhe, je lebhafter die Bewegung, desto länger die Zeit des Schwärmens.

Meine Schülerin, Carolina Port, damit beauftragt, die Dauer des Schwärmens bei Zoosporen von Ulothrix zu ermitteln, beobachtete

zu wiederholten Malen, dass vom Momente des Freiwerdens bis zur Zeit, da sich eine nicht copulirte Zoospore vollständig zur Ruhe begab, 20 Minuten verstreichen. Diese Zeit scheint mit meinen Beobachtungen übereinzustimmen und für normal entwickelte und unter günstigen Verhältnissen schwärmende Zoosporen das arithmetische Mittel der Schwärmdauer darzustellen. Gleichwohl muss ich bemerken, dass ich Schwärmsporen sah, die kaum einige Minuten schwärmten und zwar gilt dies sowohl von Makro- als von Mikrozoosporen, während anderseits die Zeit der Schwärmbewegung bei den drei sich copulirenden Mikrozoosporen in Fig. 1-14 Taf. XXXIV. eine volle Stunde umfasste. Alexander Braun bemerkt hingegen (Verjüngung in der Natur, pag. 239), dass das Schwärmen der Zoosporen von Ulothrix zonata „meist über eine Stunde lang andauert." Ich bemerke hier — etwas vorgreifend — dass der Copulationsprocess der Mikrozoosporen in der Regel jedenfalls innerhalb 20 Minuten vollendet ist, wobei das Copulationsprodukt selbstverständlich auch keiner längeren Schwärmzeit sich erfreut. (Vergl. auch das nachfolgende Kapitel V. über die Frühgeburten.)

Der Uebergang vom Schwärmen in vollständige Ruhe erfolgt bei den sich nicht copulirenden Zoosporen allmälig. Die Rotationen um die Sporenaxe und Hand in Hand damit auch die Ortsbewegungen werden langsamer, bis die Schwärmsporen irgendwo anstossen, um — entweder vorübergehend oder bleibend — festzusitzen. Endgültig geschieht dies erst dann, wenn der vordere hyaline Pol der kugelig oder eiförmig abgerundeten Zoospore gegen die Unterlage gekehrt ist. Dann rotirt die Zoospore langsamer um ihre Axe, deren vorderes Ende auf der Unterlage angeklebt erscheint. Nach und nach folgen Momente der Ruhe, so dass man die Cilien sehen kann, worauf abermalige Rotationen folgen, abwechselnd mit Ruhepausen, bis diese — länger und länger werdend — nur noch durch einige ruckweise Bewegungen unterbrochen erscheinen. Ich habe bereits an anderer Stelle (pag. 448) in diesem Kapitel hervorgehoben, dass die letzten zuckenden Bewegungen einer Zoospore mit den plötzlichen Contraktionen der pulsirenden Vacuole zusammenfallen, dass demnach eine Correlation zu bestehen scheint zwischen den Bewegungen der Cilien einer- und den Pulsationen der contractilen Vacuole andererseits. Schliesslich werden die Cilien starr und verschwinden nach wenigen Minuten ganz. Strasburger (Zellbildung und Zelltheilung pag. 157) bemerkt,

dass die Cilien, soviel er sehen konnte, nicht eingezogen, vielmehr abgeworfen werden. Damit ist die Schwärmbewegung vollends beendet; die Zoospore ist zum ruhenden Keimling geworden.

Das specifische Gewicht der Mikrozoosporen, gleichviel ob sie sich copuliren oder nicht, ist anfangs ungefähr dasselbe, wie dasjenige des Mediums, in dem sie sich bewegen. Allmälig nimmt es zu; die zur Ruhe gelangenden Mikrozoosporen sinken in tiefere Regionen des Wassers, bis sie schliesslich — im Teller oder Glas gezüchtet — sich auf dem Boden niederlassen. Schwimmende Watten entlassen oft ganze Wolken grüner Mikrozoosporen, die sich als intensiv gefärbte Flecken auf dem Grund des Tellers niederschlagen. Anders die Makrozoosporen. Diese sind und bleiben von geringerem specifischem Gewicht, so dass sie sich im Niveau des Wasserspiegels oder nur wenig unterhalb des letztern am Rand des Tellers niederlassen, wo sie, zur Ruhe gelangt, sofort keimen. Während der ganzen Bewegung der Makrozoosporen macht sich ein empfindlicher Heliotropismus geltend, worüber ich im nächsten Kapitel (V. Frühgeburten etc.) reden werde.

Ehe ich an die Darstellung einiger höchst frappanter Erscheinungen bei Frühgeburten der Zoosporen gehe, habe ich noch einige Bemerkungen über die Grösse der beiderlei Zoosporen zu machen. Areschoug gibt für die von ihm beobachteten Makrozoosporen von Conferva zonata (Ulothrix oder Hormiscia zonata) folgende Dimensionen: Länge $13\frac{1}{3}$ bis $16\frac{2}{3}$ Mikromm., Breite $11\frac{2}{3}$ bis $13\frac{1}{3}$ Mikromm. (Observationes Phycologicae. De Confervaceis nonnullis. Particula prima p. 11, Upsaliae, 1866.) Für die Mikrozoosporen derselben Alge (ohne Zweifel identisch mit der unserigen) gibt der gleiche Autor folgende Grössen an: Länge $6\frac{2}{3}$—10 Mikromm., Breite $6\frac{2}{3}$ Mikromm.

Die von mir vorgenommenen Messungen der in Taf. XXXII. und Taf. XXXVI. dargestellten Makrozoosporen ergaben folgende Resultate:

Obere Spore in Fig. 3 a Taf. XXXII., einzeln in einer Mutterzelle entstehend, im Momente des Freiwerdens:

Länge 14,5229 Mikromm.
Dicke 10,3735 „ } Verhältn. von Länge u. Dicke = 7 : 5.

Untere Spore derselben Figur: Dicke 12,4482 Mikromm.

Eben zur Ruhe gekommene Makrozoospore in Fig. 4 Taf. XXXII.:

Länge 15,5602 Mikromm.
Dicke 12,4482 „ } Verhältniss = $7\frac{1}{2}$: 6.

Die zu vier in einer Mutterzelle entstandenen Makrozoosporen in Fig. 2 d Taf. XXXVI. besassen im Momente des Abgleitens von der Umhüllungsblase folgende Dimensionen:

Länge 14,5229 Mikromm.
Dicke 10,3735 „ } Verhältn. von Länge zu Dicke = 7 : 5.

Die Makrozoospore y in Fig. 2 b Taf. XXXVI. in Freiheit:

Länge 12,4482 Mikromm.
Dicke 10,3735 „ } Verhältn. zw. Länge u. Dicke = 6 : 5.

Die Makrozoosporen in Fig. 2 c, Taf. XXXVI., etliche Minuten nach der Auflösung der Umhüllungsblase gemessen:

Länge 15,5602 Mikromillimeter.
Dicke 10,3735 bis 12,4482 „ „ } Verhältniss = $7\frac{1}{2}$: 5 bis 6.

Die in der Mutterzelle gefangene Makrozoospore x in Fig. 2 b, Taf. XXXVI. besitzt folgende Dimensionen:

Länge 18,6723 Mikromm.
Dicke 10,3755 „ } Verhältniss = 9 : 5.

Die Variation in den Dimensionen der von mir gemessenen Makrozoosporen bewegt sich also zwischen 12,4482 und 18,6723 Mikromillimeter Länge und zwischen 10,3735 und 12,4482 Mikromillimeter Dicke. Das Verhältniss zwischen Länge und Dicke der Makrozoosporen variirt von 7 : 6 bis 9 : 5.

Noch beträchtlich grösser gestalten sich die Differenzen in den Dimensionen der Mikrozoosporen. Es wurde bereits schon oben bemerkt, dass die sämmtlichen Zoosporen während der Geburt sowohl, als auch während des Schwärmens beträchtlich viel Wasser aufnehmen und dabei also fortwährend ihr Volumen vergrössern. Die Zoosporen sind daher unmittelbar nach der Geburt am kleinsten, zur Ruhe gekommen (wobei hier von der Copulation abgesehen wird) am grössten. Allein abgesehen von diesen Veränderungen des Volumens während des Schwärmens finden wir bei den Mikrozoosporen eine beträchtliche Variation in den Grössenverhältnissen, die nur auf die Entstehung und Ausbildung der Zoosporen, auf die Grösse und die Theilungsvorgänge in der Mutterzelle zurückzuführen ist. Das glänzendste Demonstrations-Objekt ist der auf Taf. XXXVI. Fig. 1 a—g dargestellte Faden, in dessen Zellen, an verschiedenen Stellen des Fadens 2, 4, 8, 16, 32 und mehr Zoosporen gebildet wurden, während alle Mutterzellen so ziemlich den gleichen Querdurchmesser, wenn auch verschiedene Länge besassen. Aehnlich verhält es sich mit dem in Fig. 2 a, b, c, d Taf. XXXVI. dargestellten Faden. Es leuchtet ein, dass da, wo in einer Mutter-

zelle 16 Mikrozoosporen gebildet wurden, diese letzteren beträchtlich grösser sein werden, als dort, wo 32 oder gar noch mehr Zoosporen in einer gleich grossen oder nur wenig grössern oder gar in einer kleinern Mutterzelle entstanden. Ganz zu denselben Resultaten gelangen wir, wenn wir die Mikrozoosporen zweier ungleich dicken Faden mit einander vergleichen z. B. die fraglichen Objekte in Taf. XXXIV. und Taf. XXXVI. Wenn in dem sehr dünnen Ulothrixfaden Fig. 19 a u. b (Taf. XXXIV.) jede Zelle bloss 8 Zoosporen bildet, so werden dieselben kleiner sein, als die 8 Zoosporen, welche in einer Zelle des drei Mal dickern Fadens a—g Fig. 1 Taf. XXXVI. gebildet wurden. Ja, es ist gedenkbar, dass die zu 4 oder 8 in einem dünnern Faden entstandenen Zoosporen kleiner sind, als die zu 16 oder 32 in den Zellen eines viel dickern Fadens gebildeten Zoosporen. Aus diesen Gründen wird es schwer halten, die Begriffe Makro- und Mikrozoosporen bloss auf Grund der Grössenverhältnisse scharf aus einander zu halten. Nach meiner Ansicht gilt — wie bereits früher bemerkt — wohl als das durchschlagendste Merkmal für den Charakter der Makrozoosporen die Anwesenheit von 4 Cilien, für die Mikrozoosporen die Cilienzahl 2.

Nach diesen vorläufigen Bemerkungen lasse ich einige Messungs-Resultate von Mikrozoosporen folgen:

Die kleinsten Mikrozoosporen (Taf. XXXIV. Fig. 19, 22, 23) besitzen im Momente des Freiwerdens oder in den ersten Schwärmstadien eine Länge von 5,1867—6,2241 Mikromm.,
bei einer Dicke „ 4,1494—5,1867 „

Grössere Mikrozoosporen sind dagegen:
7,2614—8,2988 Mikromm. lang
und 6,2241—7,2614 „ dick.

Die grössten, eine Copulation anstrebende Mikrozoosporen (Taf. XXXIV. Fig. 24) messen 10,3735 Mikromm. Länge, bei einer Dicke von 8,2988 Mikromm.

Die langgestreckte (mit 2 Cilien ausgestattete) Mikrozoospore in Fig. 3 z, Taf. XXXVI. misst 12,4482 Mkmm. Länge u. 6,2241 Dicke.

Aus diesen Angaben ergibt sich in den Dimensionen der Mikrozoosporen von Ulothrix zonata eine Variation, die
sich für die Länge zwischen 5,1867 und 12,4482 Mikromm.
und „ „ Dicke „ 4,1494 „ 7,2614 „ bewegt.

Daraus ist ersichtlich, dass die Länge der mit zwei Cilien ausgestatteten Mikrozoosporen sogar die Länge der Makrozoosporen

erreichen kann, während allerdings die Dicke, wenn auch ebenfalls stark variirend, ziemlich hinter derjenigen der Makrozoosporen zurückbleibt.

Areschoug gibt (l. c.), wie ich oben schon angeführt habe, für die Mikrozoosporen geringere Dimensionen an, als ich sie bei meinen Messungen gefunden. Dies liegt wohl in dem Umstand, dass er den Begriff „Mikrozoosporen" enger fasste, indem nach ihm die Makrozoosporen zu 4, 8 und 16 in einer Zelle entstehen sollen. Ich habe gezeigt, dass umgekehrt der Begriff „Makrozoospore" enger, der Begriff „Mikrozoospore" dagegen weiter zu fassen ist, als es von Areschoug geschah. Wir werden in den folgenden Abschnitten sehen, dass ausser der Cilienzahl kein charakteristisches Merkmal die Makrozoospore von der Mikrozoospore trennt, sondern dass beide Kategorieen von Schwärmzellen — wenn wir von der Zahl der Cilien absehen — durch die feinsten Uebergänge mit einander verbunden sind.

V. Das Verhalten der Zoosporen bei Frühgeburten; Vegetations- und Reproductionsprocesse bei sehr niedriger Temperatur, Entleerung von Makro- und Mikrozoosporen während jeder Stunde des Tages und der Nacht; Heliotropismus bei Lampenlicht.

In diesem Kapitel bespreche ich einige Beobachtungs-Resultate allerneuesten Datums, die ich im Wesentlichen auch der Bot. Zeitung mittheilte, um sie dort einer möglichst schnellen Publikation zu unterbreiten und zwar einzig zu dem Zweck, durch die Mittheilung der sehr frappanten Thatsachen andere Forscher auf ähnliche Beobachtungen hinzuweisen in einer Zeit, da es nicht unmöglich ist, ähnliches Untersuchungsmaterial unter ähnlichen Temperaturverhältnissen zu gewinnen. Wie aus Nachstehendem zu ersehen ist, können derlei Untersuchungen nämlich nicht zu allen Jahreszeiten, sondern vorwiegend im Winter und Frühjahr vorgenommen werden. Es liegt mir aber sehr viel daran, dass auch andere Biologen sich mit den hier berührten Erscheinungen beschäftigen, um nicht allein meine Resultate zu verificiren, sondern neue Gesichtspunkte zu gewinnen.

Ich habe im vorhergehenden Kapitel darauf hingewiesen, dass die Entleerung der Zoosporen von Ulothrix zonata unter normalen

Temperatur- und Beleuchtungsverhältnissen in der Regel am Morgen oder doch vor Mittag stattfindet. Doch wurde gesagt, dass unter Umständen die Entleerung auch in den Nachmittagsstunden, vor Sonnenuntergang, stattfinden könne, eine Erscheinung, die man als Ausnahmefall betrachten dürfte. Solche Ausnahmen werden unter anomalen Verhältnissen quasi zur Regel, wenn nämlich die mit Zoosporen erfüllten Ulothrixfaden einer plötzlichen Temperaturerhöhung ausgesetzt werden. Meine diesbezüglichen zahlreichen Beobachtungen führen mich zu dem Schluss: Je grösser die Temperaturschwankungen, desto überraschender die Abweichungen von der normalen Geburtszeit der Zoosporen.

Ich habe diesen Winter und zwar im November und Dezember 1875, sowie im Januar und Februar 1876 wiederholt Fadenbüschel von Ulothrix zonata, in Eiszapfen eingefroren, vom Springbrunnen beim Polytechnicum in Zürich abgenommen und im warmen Zimmer — auf einem weissen Porcellanteller — aufthauen lassen. Dabei stellte sich heraus, dass in Folge dieses raschen Temperaturwechsels (kurz nach dem Aufthauen) die freigewordenen grünen Faden eine Unzahl von Zoosporen entliessen, gleichviel zu welcher Tageszeit untersucht wurde. Ohne Zweifel findet dabei nicht bloss die Entleerung wirklich reifer Zoosporen statt, die tage- oder wochenlang mit sammt ihren Mutterzellen in starrem Eis gefangen blieben, sondern es erfolgt auch die Entleerung von unreifen Schwärmsporen, die unter normalen Verhältnissen, d. h. in aufgethautem, kaltem Brunnenwasser erst am folgenden Tag von Statten ginge. Darum können wir hier von Frühgeburten reden, bei denen eine ganze Menge sonderbarer Erscheinungen zu Tage treten, die ich aber an dieser Stelle übergehe.

Auffallend ist bei Ulothrix auch unter normalen Verhältnissen die Zoosporenbildung, das Schwärmen und Keimen der Makrozoosporen, das Wachsen, Assimiliren und Zelltheilen bei sehr niedriger Temperatur. An dem mehrerwähnten Springbrunnen, von welchem ich meine Untersuchungsobjekte abnahm, waren im letzten Winter 1875/76 die Ulothrix-Fadenbüschel oft wochenlang in denselben Eiszapfen eingeschlossen; fortwährend bildeten sich an jenen Stellen der Wasserbecken, die ohne Unterbruch von frischem Brunnenwasser bespült wurden, neue Ulothrixrasen, die nicht selten regelmässig während der Nacht von Eiskrusten bedeckt wurden, um am Morgen wieder ganz oder

theilweise aufzuthauen. Wochenlang war die Lufttemperatur etliche Grade unter dem Eispunkt und das Wasser, welches an den Ulothrix-Büscheln herunterrieselte, konnte kaum einige Grade über dem Gefrierpunkt temperirt sein. Hier fanden die Vermehrungs-, Keimungs- und Wachsthumprocesse in den Ulothrixfaden während vieler Wochen bei einer Temperatur statt, die nur wenig um den Gefrierpunkt schwankte. In Eis eingeschlossene Faden-Colonieen von Ulothrix zonata zeigen jederzeit alle Entwicklungs- und Reproductionsstadien ungeschlechtlicher, Makrozoosporen bildender Generationen. Diese, jeden Winter leicht zu constatirende Thatsache in der Entwicklungsgeschichte von Ulothrix zonata steht übrigens keineswegs vereinzelt da. Fr. Kjellmann hat in seiner Arbeit über „die winterliche Algen-Vegetation der Mösselbay (Spitzbergen, 79° 53′ nördl. Breite) nach den Beobachtungen der schwedischen Polar-Expedition im Jahre 1872—73“ (Compt. rend. T. LXXX. 1875. No. 8. S. 474—476 — und Bot. Zeitung 1875. pag. 771—773) nachgewiesen, dass unter den 27 von ihm aufgezählten Algenspecies aus den Familien der Chlorozoosporaceen, Phaeozoosporaceen, Fucaceen, Florideen und Corallinaceen, die als die gemeinsten unter den höhern Algen in der Mosselbay aufgefunden wurden, nicht weniger als 22 vorhanden waren, die im Winter bei einer Meerwassertemperatur von — 0,5 bis — 1,8° C., welche vom Ende September bis Mitte April nur diesen geringen Schwankungen unterlag, die verschiedensten Reproductionsorgane bildeten und die mannigfaltigsten Keimstadien zeigten. Ebenso hat Rostafinski bei sehr niedern Temperaturen (wenigstens nahe dem Gefrierpunkt) Zoosporenbildung beobachtet (Mém. d. l. Soc. nat. d. Scienc. nat. de Cherbourg 1875 p. 138). G. Kraus theilt in der Bot. Zeitung 1875, pag. 774 ebenfalls mit, dass er an Ulothrix tenuis Aehnliches beobachtete. Da wir es hier wahrscheinlich mit einer Ulothrix-Art zu thun haben, welche von unserer Ulothrix zonata nicht verschieden ist, so lasse ich hier die Angaben von G. Kraus (l. c.) wörtlich folgen: „Im Frühling dieses Jahres (Ende März 1875) beobachtete ich Ulothrix tenuis Ktzg. (Rab. Flor. eur. Alg. III. 366), die in fliessendem Wasser, dessen Temperatur am Beobachtungstage + 2,5° C. zeigte und an dessen Rändern schon wochenlang Eiskrusten waren, reife und lebhaft ausschwärmende Microgonidien hatte. Ein Versuch im Freien (Lufttemperatur — 1° C.), wo ich die Algen in (durch Schnee) auf + 1—2° C. abgekühltem Wasser hielt, zeigte, dass sowohl in diesem

Wasser lebhaftes Ausschwärmen der Microgonidien geschah, als auch auf dem Objektträger unter dem (im Freien stehenden) Mikroskop, während die Objektflüssigkeit vom Rande her zu Eis erstarrte. Ich beobachtete Schwärmsporen über ¼ Stunde, die zwischen den kleinen Eisschollen sich mit scheinbar ungeminderter Schnelligkeit hin und her bewegten."

Von grosser Wichtigkeit erscheint mir nun aber der Umstand, dass die Entleerung von Zoosporen bei Ulothrix zonata nicht allein während des ganzen Nachmittags, sondern auch zu allen Stunden der folgenden Nacht stattfindet, sobald man die grünen Faden aus dem eisigkalten Wasser in die angenehme Zimmertemperatur versetzt. Ich habe am 6. Februar 1876, bei empfindlicher Kälte (mehrere Grade unter Null) in Eiszapfen eingefrorene Ulothrixbüschel vom mehrerwähnten Springbrunnenbassin gesammelt und in grosser Masse langsam aufthauen lassen. Die hiezu benutzten Porcellangefässe blieben im kühlen Vorzimmer (Temperatur ca. 5—6° Réaumur) stehen, während kleinere Portionen in mein gut geheiztes Studirzimmer versetzt und der mikroskopischen Untersuchung unterworfen wurden. Ich constatirte von Vormittags 11 Uhr bis zur hereinbrechenden Nacht — um 5 Uhr — fortwährendes Entleeren von Makrozoosporen, die einzeln oder zu 2 oder auch zu 4 in einer Mutterzelle entstanden. Da die meisten Faden, vielleicht 99%, nur Makrozoosporen enthielten, so waren die meisten beobachteten Zoosporen gross, mit 4 Cilien ausgestattet und nicht copulationsfähig. Höchst selten konnte man eine kleine Schwärmspore, eine Mikrozoospore (mit bloss 2 Cilien) sich unter das Gewimmel der Makrozoosporen begeben sehen.

Während die normal entwickelten und unter natürlichen Verhältnissen entleerten Makrozoosporen von Ulothrix meist nur 20—30 Minuten, selten eine ganze Stunde lang schwärmen, bewegen sich die frühgebornen Makrozoosporen nicht selten über zwei Stunden lang, setzen sich dann fest und keimen sogleich, oder aber — sie degeneriren unmittelbar nach dem Zuruhekommen. In letzterem Falle nehmen sie während und kurz nach der Geburt enorm viel Wasser auf, runden sich zu einer geometrisch genauen Kugel ab, gelangen sehr bald zur Ruhe und platzen unter ganz eigenthümlichen Erscheinungen.

Das Schwärmen der Zoosporen dauerte am 6. Februar bei den im warmen Zimmer gehaltenen Ulothrixfaden auch während der ganzen Dämmerungszeit bis in die dunkle Nacht

hinein. Um 6 Uhr (Abends) wurde eine grosse Petroleumlampe gebracht und neuerdings, also bei künstlichem Licht, — nicht allein das Schwärmen, sondern auch das Entleeren frischer Zoosporen beobachtet. Der Entleerungs- und Schwärmungsprocess dauerte bei den um 11 Uhr Vormittag in's Studirzimmer gebrachten Ulothrixsporen ohne Unterbruch bis zum folgenden Morgen um 8 Uhr (also volle 21 Stunden) an; es wurden zu jeder Stunde der Nacht Tausende von wimmelnden Zoosporen beobachtet; um halb 11 Uhr Nachts fertigte ich die letzte Zeichnung über den Geburtsakt mehrer damals ausschlüpfender Zoosporen an. Schon um 9 Uhr Abends wurden sehr schöne, keulenförmige Keimpflänzchen beobachtet, die aus kurz vorher zur Ruhe gelangten Makrozoosporen hervorgingen.

Schon diese Thatsachen allein hätten genügen dürfen, um als Beweis dafür zu dienen, dass die grünen Schwärmsporen von Ulothrix nach raschem Temperaturwechsel, bei erhöhtem Wärmegrad auch zu jeder Stunde der Nacht ausschlüpfen und schwärmen können; das nachfolgende Experiment stellt diese Thatsache ausser allen Zweifel:

Nachts ¼ vor 11 Uhr brachte ich aus dem kühlen und dunkel gehaltenen Vorzimmer zwei ganz gleiche Partieen grüner Ulothrixfaden, die ebenfalls am Vormittag vorher noch in Eis eingeschlossen waren, in zwei gesonderten weissen Porcellan-Tellern mit reinem, kaltem Brunnenwasser in's warme Studirzimmer. Die Fadenbüschel in beiden Tellern wurden vorher in klarem Wasser ausgewaschen, so dass die meisten allfällig vorhanden gewesenen Zoosporen entfernt waren. Der eine Teller, den ich mit A bezeichne, ward unbedeckt in die Nähe der grossen, hellen Petroleumflamme gebracht, indess der andere Teller B mit einem Blechdeckel verhüllt auf einen benachbarten Tisch gestellt wurde. In Folge der Temperatur-Erhöhung ihres Mediums entliessen viele Faden eine Menge von Zoosporen und zwar steigerte sich die Zahl der letztern zusehends von 11 Uhr Vormittnacht an gegen den Morgen hin immer mehr. Im offenen Teller A sammelten sich die frisch entleerten Zoosporen auf der einen Seite des Tellerrandes, im dunkel gehaltenen Teller B dagegen blieben die Schwärmsporen in der Nähe ihrer Geburtsstätte, d. h. so ziemlich in der Mitte des Tellers, wo die Fadenknäuel lagen, während rings herum bis zum Tellerrand das Wasser von Algenfaden frei blieb. Dies führt uns auf eine zweite frappante Thatsache, nämlich den **Heliotropismus der Schwärmsporen bei Lampenlicht.**

Es ist eine längst bekannte Thatsache, dass die grünen Zoosporen verschiedener Algen bei ihrer Bewegung eine gewisse Abhängigkeit von der Richtung des einfallenden Lichtstrahles kundgeben. Sie bewegen sich entweder dem einfallenden Licht entgegen oder wenden sich von ihm ab, unter gleichzeitiger Rotation um die Axe ihres positiv oder negativ heliotropischen Körpers.

Bei Ulothrix zonata muss der positive Heliotropismus der schwärmenden Makrozoosporen selbst jedem Laien sogleich auffallen. Bringen wir im Winter oder im Anfang des Frühjahrs ein grünes Fadenbüschel von Ulothrix zonata in einem weissen Porcellanteller mit klarem Wasser an irgend eine Stelle des mässig temperirten Zimmers, so wird man alsbald erkennen, dass alle Makrozoosporen bei ihrem Schwärmen sich gegen die stärkste Lichtquelle, gegen das zunächst stehende helle Fenster wenden und in Form einer grünen Wolke sich auf der Fensterseite des Porcellantellers ansammeln, schliesslich dort am Tellerrand zur Ruhe und nachheriger Keimung gelangend. Das Experiment ist sehr einfach, schlagend und zugleich überzeugend.

Nun habe ich am Abend des 6. und in der Nacht vom 6. auf den 7. Februar d. J. die Beobachtung gemacht, dass die schwärmenden Makrozoosporen von Ulothrix zonata, die in Folge rascher Temperatur-Erhöhung während der Nacht aus den Mutterzellen entleert werden, gegen das Lampenlicht nicht minder empfindlich sind, als die bei Tag schwärmenden Zoosporen gegen das einfallende Tageslicht.

Hiefür gebe ich Belege in der Mittheilung folgender Thatsachen:

1) Die während des Nachmittags bis zur beginnenden Dämmerung entleerten Schwärmsporen jener Ulothrix-Faden, welche um 10 Uhr Vormittags noch in Eiszapfen eingeschlossen waren, bildeten eine lebhaft grüne Wolke in der unmittelbaren Nähe des Tellerrandes gegen das einfallende Tageslicht. Bei beginnender Dämmerung zeigte ein Tropfen Wasser aus der Mitte dieser grünen Wolke unter dem Mikroskop Tausende von lebhaft wimmelnden Makrozoosporen. Als um 6 Uhr die grosse Petroleumlampe angezündet und auf der der grünen Zoosporenwolke entgegengesetzten Seite des Tellers auf den Tisch gestellt wurde, begann die lebende grüne Wolke ihre Wanderung quer über den ganzen Teller, gegen das einfallende Lampenlicht hin. Nach 1¾ Stunden war der ganze Weg

zurückgelegt; da, wo um 6 Uhr noch die grüne Wolke sofort
fallen musste, war jetzt das Wasser klar, hell, farblos, indem
Wasserspiegel in der Nähe der Lampe nun ganz dieselbe
scheinung zeigte, wie während des Tages die Fensterseite
Tellerinhaltes. Die meisten dieser Zoosporen haben somit
zwei Stunden geschwärmt, da sie bei Tag- und Dämmerlicht
gegen das Fenster und hernach von 6 Uhr an bis 7 Uhr 45 Mi
rückwärts gegen das Lampenlicht hinwanderten.

2) Um 7¾ Uhr wurde der gleiche Teller sammt Inhalt lan
gedreht und zwar so, dass die grüne Zoosporenwolke nun w
der Lampe ab- und dem dunkeln Fenster zugekehrt war. „
wenigen Minuten — ich gebe hier die Notizen aus meinem
buch — gewahrte man, dass die dichtgrüne Wolke abermal
Rückzug von der dunklern Fensterseite gegen die grosse Petro
flamme antrat. Es war dies also die dritte Wanderung ders
Zoosporenwolke gegen das einfallende Licht hin. Bis 8 Uhr 35 Mi
war ungefähr der erste Drittel des Tellerdurchmessers durchla
Von da an unterblieb jedoch eine neue Wolkenbildung an de
Lampenlicht zugekehrten Seite, wahrscheinlich, weil die m
Zoosporen jener intensiven Wolke endlich — nach 2- und 3-stün
Schwärmen — zur Ruhe gelangten und die Anzahl der ne
den Faden entleerten Makrozoosporen nicht mehr so gross
wie während der Zeit vom Vormittag bis Abends 6 oder 7
so dass sich eine mit unbewaffnetem Auge sichtbare Wolke
mehr bilden konnte. Indess bringe ich doch in Erinnerung,
trotzdem während der ganzen Nacht neue Entleerungen von
sporen stattfanden. Es war dies jener Teller, in welchem ic
Austritt von Zoosporen während 21 auf einander folgender St
beobachtete.

3) Um halb 7 Uhr Abends nahm ich aus dem dunkeln
kühlen Vorzimmer einige Fadenbüschel von Ulothrix gle
Ursprungs, wie die vorigen. Da sie am Vormittag vorhe
langsam aufthauten und im Vorzimmer auch während des g
Tages nicht höher als bis 6° R. temperirt wurden, so entl
sie bei Tag nur wenige Zoosporen. Mit frischem kaltem Br
wasser in's warme Zimmer gebracht, schwärmten alsbald unz
Makrozoosporen aus [illegible] Licht entgegen. Die Petro
flamme brannte [illegible] Porcellanteller
Lichtfläche [illegible] (Breit
Flamme 3¼ [illegible] stand sen

30 Centimeter über der Tischplatte; der Abstand des Tellers (mit den Algenfaden) vom Lampenfuss betrug 40 Centimeter (diese Distanz wurde vom Mittelpunkt des Lampenfusses bis zum Mittelpunkt des Tellers gemessen). Der Durchmesser des kreisrunden Wasserspiegels mit den schwärmenden Zoosporen mass 15 Centimeter.

„Schon um halb 8 Uhr, also eine Stunde nach Einwirkung der Zimmerwärme und des Lampenlichtes, war am weissen Tellerrand auf der dem Licht zugekehrten Seite ein grüner Streifen mit zahllosen Zoosporen sichtbar, der bis 8 Uhr 45 Minuten rasch an Ausdehnung und Intensität zunahm. Um 9 Uhr 40 Minuten, also ungefähr 3 Stunden nach beginnender Einwirkung von Licht und Wärme, ward ein Tropfen aus der grünen Wolke am Tellerrand herausgehoben und unter dem Mikroskop eine Unzahl von wimmelnden Zoosporen beobachtet. An den dem Lampenlicht abgekehrten Partieen des Tellerrandes waren keine Schwärmsporen zu bemerken." (Wörtlicher Auszug aus dem Tagebuch.)

4) Von den frisch gewaschenen, aus dem kalten Vorzimmer erst um 11 Uhr Nachts in's warme Studirzimmer gebrachten Ulothrixfaden des Tellers A, der *offen* beim Lampenlicht stand, entliessen, wie bereits im ersten Abschnitt oben bemerkt, viele ebenfalls Makrozoosporen, die alle auch dem einfallenden Lampenlicht entgegenschwärmten und am Tellerrand dieser Seite einen grünen Anflug bildeten.

5) Während die Schwärmsporen des unter 4) angeführten Tellers A nach der Geburt sofort an den der Lampe zugekehrten Tellerrand wanderten, zeigten die in Teller B gleichzeitig in's warme Zimmer gebrachten, aber dunkel gehaltenen Zoosporen in ihrer Bewegung keine bestimmte Richtung, wie sich voraussehen liess. Die mikroskopische Untersuchung zeigte nach einigen Stunden wohl eine Menge von Zoosporen, die aber fast ausnahmslos in der Nähe der schwimmenden grünen Fadenbündel verweilten, während der Tellerrand ringsum fast frei blieb oder nach allen Richtungen des Horizontes dieselbe Vertheilung der Zoosporen zeigte.

Ich glaube, durch gewissenhafte Angabe dieser 5 Beobachtungen eine genügende Menge von Thatsachen constatirt zu haben, welche unbedingt zu dem Schlusse führen:

Die Makrozoosporen von Ulothrix zonata zeigen bei beschleunigter, durch plötzliche Temperaturerhöhung provocirter Entleerung nicht allein gegen das Sonnen

licht, sondern auch gegen künstliche Lichtquellen (Lampenlicht) einen sehr empfindlichen Heliotropismus.

Man könnte allerdings einwenden, dass es ebenso gut, als das künstliche Lampenlicht, die Wärmestrahlen, welche in beträchtlicher Intensität von einer grossen Petroleumflamme ausgehen, sein könnten, welche auf die Bewegungsrichtung der bei Nacht schwärmenden Zoosporen einwirken; allein ich glaube, dieser Einwand muss zum Vornhinein als nicht stichhaltig zurückgewiesen werden, da dieselben Zoosporen, welche beim Anfang der Nacht gegen die licht- und wärmestrahlende Lampe eilten, in den späten Nachmittagsstunden dem Fenster zuströmten, obschon von dort her viel weniger Wärmestrahlen — (diffuses Tageslicht) auf den Teller einwirkte, als von der Richtung des im Zimmer stehenden Ofens her. Die Vor-Fenster waren gefroren und die Fensterseite des Tellers entschieden beträchtlich kälter, als die entgegengesetzte Seite. Wenn nun dennoch das helle Tageslicht auf die Zoosporen eine anziehende Wirkung ausübte, obschon die Wärmestrahlung gerade in entgegengesetzter Richtung stattfand, so ist nicht einzusehen, warum sich das Verhältniss bei Nacht umkehren und den Heliotropismus in Frage stellen sollte. Ueberdies sind es noch manche andere Momente, welche den oben angeführten Einwand vollständig entkräftigen. Ohnedies dürfte es ein Leichtes sein, durch ein einfaches Experiment sich die vollendetste Sicherheit zu verschaffen.

Leider bin ich nicht im Fall, über das Verhalten der Mikrozoosporen rücksichtlich des Heliotropismus ebenso bestimmte Aufschlüsse zu geben, wie über die Makrozoosporen. Während des Winters begegnet man sehr wenigen Mikrozoosporen von Ulothrix zonata. Im Frühjahr dagegen findet meistens Copulation statt, wobei die Mikrozoosporen, wie ich aus mancherlei Thatsachen schliesse, eher negativ-heliotropische, als positive Tendenzen zeigen. Etwas Aehnliches constatirten Rostafinski und Janczewski bei Ulva enteromorpha, wo die Makrozoosporen entschieden positiv-, die Mikrozoosporen entschieden negativ-heliotropisch sind. (Vergl.: Observat. sur quelq. Algues possédant des zoospores dimorphes, par E. Janczewski et J. Rostafinski, in Mém. d. l. Soc. nation. d. Scienc. nat. de Cherbourg. T. XVIII. 1874.)

Die während der Correctur des vorliegenden Bogens mir zugekommene letzte Nummer (21.) der Bot. Zeitung vom 26. Mai 1876

enthält einen kleinen Aufsatz „über Emulsionsfiguren und Gruppirung der Schwärmsporen in Wasser, von Dr. J. Sachs," worin die Bewegung der im Zimmer austretenden Zoosporen gegen den fenstersichtigen Tellerrand nicht wie bisher, der Einwirkung des Lichtes, sondern kleinen Temperatur-Differenzen der entgegengesetzten Ränder des Gefässes zugeschrieben wird. Die kleinen Temperaturdifferenzen „rufen Wasserströmungen hervor, welche die Zoosporen mit sich fortführen; am wärmern Rande (meist dem Zimmer zugekehrt) steigt das Wasser empor, fliesst an der Oberfläche zum kältern (meist dem Fenster zugekehrten) Rande, sinkt hier hinab, um am Grunde wieder zum wärmern Rande zurückzufliessen. Die Rotation des Wassers dauert so lange, als die sie bedingende Temperaturdifferenz besteht. Sind nun die Zoosporen ein wenig leichter als das Wasser, so müssen sie sich zuletzt sämmtlich am kältern Rande und zwar oberflächlich ansammeln; ist dagegen ihr speciv. Gewicht ein wenig grösser als das des Wassers, so sammeln sie sich endlich am Grunde des Wassers am wärmern Rande."

Damit erscheint die Existenz eines positiven, selbstverständlich auch eines negativen Heliotropismus in Frage gestellt. So wahrscheinlich die oben angeführte Theorie von Sachs erscheinen muss, so wenig kann ich sie mit den von mir bei Tag und Nacht an Ulothrix-Makrozoosporen beobachteten Erscheinungen in Einklang bringen. Thatsache ist, dass die Makrozoosporen von Ulothrix, wie ich schon im Vorhergehenden mittheilte, ein geringeres spec. Gewicht besitzen, als das Wasser; sie sammeln sich daher in der Regel am Rande des Wasserspiegels. Nun ist aber nicht einzusehen, wie die am kältern Tellerrand bei Tage dem Fensterlicht zugekehrten Makrozoosporen nach eingetretener Dunkelheit plötzlich dem intensiven Lampenlicht zueilen sollen, während die Richtung der in Folge der Temperaturdifferenzen zwischen kalter Fenster- und wärmerer Zimmerseite bewirkten Wasserströmungen ganz dieselbe bleibt, gleichviel ob von aussen diffuses Tageslicht oder von innen her intensives Lampenlicht einwirkt. Während meiner Beobachtungen und Experimente vom 6. Februar blieb der fenstersichtige Theil des Tellers sowohl bei Tag als auch bei Nacht kälter, als der dem Zimmer zugekehrte Theil. Ich wiederhole, dass am Beobachtungstage und in der darauf folgenden Nacht die äussern Fenster meines Zimmers fest gefroren und mit Eisblumen dicht besetzt waren, während im Zimmer eine Temperatur von

ca. 15° R. unterhalten wurde. Der Arbeitstisch und die auf demselben stehenden Teller und Instrumente blieben während der Nacht an der gleichen Stelle, wie am Tage. Die für die Beobachtungen während der Nacht benützte grosse Petroleumlampe wurde rechts gestellt, während das kalte Fenster zur Linken blieb.

Die Wasserströmungen waren also offenbar bei Tag und Nacht dieselben, bei Nacht in Folge der Wärmestrahlung der Lampe vielleicht noch etwas rascher, als bei Tag, und dennoch erfolgte die Wanderung der Zoosporen immer in der Richtung gegen den einfallenden Lichtstrahl.

Hier konnten unmöglich die sich gleich bleibenden Wasserströmungen im Teller die Ursache ganz entgegengesetzter Bewegungsrichtungen der augenscheinlich heliotropischen Makrozoosporen sein.

Sodann sind die Bewegungen der Makrozoosporen von Ulothrix zonata so rasch, dass sie jedenfalls die Schnelligkeit der Wasserströmungen, welche in Folge von Temperaturdifferenzen sich im Teller geltend machen, bei Weitem übertreffen. Ich kann daher der Vermuthung nicht Raum geben, als seien es blos Wasserströmungen, welche bei den Schwärmsporen von Ulothrix zonata die oben besprochenen Effekte erzielen.

Selbstverständlich halte ich die Frage über den Heliotropismus der Makrozoosporen von Ulothrix am allerwenigsten jetzt schon für beantwortet. Weitere Untersuchungen werden anzustellen und zahlreichere Experimente mehr Licht über das Wesen dieser Bewegungserscheinungen zu bringen im Stande sein.

Ausführlichere Mittheilungen verspricht Sachs übrigens (laut der Bot. Zeitung l. c.) in der „Flora" zu geben.

VI. Die Copulation der Mikrozoosporen.

Das Verdienst, die Copulation von Schwärmsporen bei den niedern Kryptogamen, die sich nach der allgemein geltenden Ansicht nur ungeschlechtlich fortpflanzen sollten, zuerst erkannt, richtig gedeutet und gut dargestellt zu haben, gehört dem berühmten Algologen Pringsheim, der mit seiner bahnbrechenden Arbeit „Ueber Paarung von Schwärmsporen, die morphologische Grundform der Zeugung im Pflanzenreiche" im Oktober 1869 vor der k. Academie der Wissenschaften zu Berlin

erschien und dort durch Bild und Wort den neuen Ausgangspunkt beleuchtete, der für die Aufsuchung des Sexual-Actes bei den nur mit Schwärmsporen versehenen Zoosporen dargeboten wurde. Pringsheim machte gleich eingangs seiner Arbeit die Bemerkung, dass diese Form des Sexual-Processes (Copulation der Schwärmsporen) „nicht nur als eine neue Modification des Befruchtungsaktes von Interesse ist, sondern noch vielmehr desshalb, weil sie eine Zwischenstufe zwischen den bekannten Formen der Zeugungsvorgänge darstellt und die verschiedenen Geschlechtsprodukte als eine Reihe in einander übergehender Abweichungen derselben Form erscheinen lässt."

„Diese besondere Modification der Zeugung der Zoosporen ist ein Vorgang, den ich (Pringsheim l. c.) als Paarung von Schwärmsporen bezeichne und dessen wesentliche Differenz von andern Zeugungsvorgängen in dem Auftreten schwärmender Oosporen oder vielmehr beweglicher Befruchtungskugeln liegt, die in ihrer äussern Gestalt mit Schwärmsporen völlig übereinstimmen."

Die genannte epochemachende Arbeit Pringsheim's bezieht sich auf die Schwärmsporen-Paarung von Pandorina Morum, einer Volvocine, deren Einzelzellen typisch zu 16 in einem eiförmigen Cönobium beisammen liegen. Diese Pflanze erreicht während ihres Entwicklungs-Cyclus niemals jene hohe Stufe der Organisation und die Mannigfaltigkeit der morphologischen Differenzirung, wie sie unserer Ulothrix zonata zukommt. Sie nimmt mit Recht im natürlichen System eine tiefere Stufe ein, als die Ulothricheen; um so mehr muss es auffallen, dass — wie Pringsheim's Untersuchung heraus gestellt hat — jene Volvocine in der geschlechtlichen Differenzirung weiter vorgeschritten ist, als Ulothrix zonata. Es wird dies aus meiner Untersuchung hinreichend bewiesen werden.

Ein halbes Jahr nach dem Erscheinen der Pringsheim'schen Arbeit über die Paarung der Schwärmsporen beobachteten Cramer und zu gleicher Zeit auch ich hier in Zürich die Copulation von Schwärmsporen bei Ulothrix zonata. Cramer las seinen diesbezüglichen schon mehrfach erwähnten Aufsatz „Ueber Entstehung und Paarung der Schwärmsporen von Ulothrix" am 21. März 1870 in der naturforschenden Gesellschaft zu Zürich (Vierteljahrsschrift Bd. XV. Heft 2). Seine Arbeit umfasst 9 Oktavseiten und kann also, wie leicht einzusehen, kaum den Anforderungen genügen, die

man an eine erschöpfende Darstellung ähnlicher Vorgänge stellen muss. Er gibt auch keine erläuternden Abbildungen, so dass schon desshalb eine neue Bearbeitung dieser Materie als unbedingt nothwendig erscheinen musste. Ich fertigte — wie schon eingangs bemerkt — im März 1870 zwei Tafeln von mikroskopischen Zeichnungen an, ohne damals die Absicht zu hegen, mich selbst auf die weiteren Untersuchungen einzulassen, da ich wie billig als Privatdocent es für angezeigt erachtete, dem Herrn Professor Cramer in dieser Angelegenheit den Vortritt zu belassen. Man wartete indess vergeblich auf eine erschöpfendere und wohl auch richtigere Darstellung, so dass ich bei der Bearbeitung meiner „Neuern Schöpfungsgeschichte" (Leipzig 1875) darauf angewiesen war, statt der erwarteten Cramer'schen Abbildungen meine eigenen Tafeln von 1870 zu benützen. Figur 14 auf Seite 105 meines genannten Buches enthält somit nebst Anderem die erste bildliche Darstellung des Copulationsaktes der Schwärmsporen von Ulothrix zonata, freilich keineswegs in erschöpfender Weise, sondern mehr als gelegentliche Beigabe, was ich auch für den Zweck meiner dortigen Demonstration als genügend erachtete. Zwar hat schon im Jahr 1866 der schwedische Botaniker Areschoug auf Taf. I. zu seinem Aufsatz: „Observationes Phycologicae, Particula prima de Confervaceis nonnullis" in Figur 5 c. c. eines der ersten Stadien der Copulation von Schwärmsporen bei Hormiscia penicilliformis (Areschoug) bildlich dargestellt, aber unrichtig gedeutet, wie aus folgendem Passus der genannten Areschoug'schen Arbeit (pag. 9) zu ersehen ist:

> „Mega- et microzoosporarum fila cum saepissime intorta sint, utrasque quoque Zoosporas commixtas et sub microscopio natantes videre licet, tum non raro accidere solet, ut sua extremitate superiore microzoospora infigatur globuli instar extremitati superiore macrozoosporae (tab I f. 5 c. c.). Quo facto microzoospora tranquilla videtur; megazoospora autem, parasita illa turbata huc et illuc oblique et irregulariter currit, aut subsistit, extremitatem suam superiorem in circulo quatiens, ut hoc motu microzoosporam abjiciat. Frustra, tuta enim infixa sedet microzoospora et incolumis, usque in mortem portatricis. Saepe vidimus magnam megazoosporam, tali modo microzoosporas portantium, cohortem, interdum plane nullas."

Ganz vorzüglich ist dagegen von demselben Algologen in einer

zweiten Arbeit die Copulation der Zoosporen von Urospora mirabilis Aeresch. (Syn. Hormiscia penicilliformis Aresch.), von Cladophora sericea Huds., von Enteromorpha compressa L. und von Cladophora arcta Dillw. bildlich dargestellt und kurz beschrieben. Diese Arbeit: „Observationes Phycologicae. Particula secunda de Urospora mirabili Aresch. et de chlorozoosporarum copulatione, Upsaliae 1874" kam, von Herrn Prof. Areschoug in verdankenswerther Weise mir zugesandt — erst in meine Hände, als meine Untersuchung über die Copulationsvorgänge bei Ulothrix zonata schon beendigt und die vorliegende Tafel XXXIV. dieser Abhandlung schon längst vollendet war. Ich freue mich, hier bemerken zu können, dass die Areschoug'sche Darstellung des Copulationsprocesses der Schwärmsporen von Urospora und Cladophora, sowie von Enteromorpha, wie sie in Fig. 1—5 der Areschoug'schen Tafel I. und in Fig. 12 und 17 Taf. II. der citirten Arbeit gegeben ist, im Wesentlichen mit meiner Darstellung des gleichen Vorganges bei Ulothrix zonata auf meiner vorliegenden Tafel XXXIV. übereinstimmt.

Janczewski und Rostafinski bezweifeln zwar die Copulation der Mikrozoosporen bei der von Areschoug beobachteten Ulvacee, da diese beiden Autoren umsonst nach einem gelungenen Copulations-Akt der Mikrozoosporen bei Ulva enteromorpha spähten. Nachdem ich beide Abhandlungen, die oben citirte von Areschoug und diejenige von Janczewski und Rostafinski (Observations sur quelques algues possédant des zoospores dimorphes — Mémoir. d. l. Soc. nat. d. Scienc. nat. de Cherbourg, tome XVIII. 1874) vor mir sehe, komme ich doch zu dem Schluss, dass Areschoug bei Enteromorpha compressa richtig eine Copulation beobachtete und dass auch bei der von Janczewski und Rostafinski untersuchten Ulva enteromorpha ein ähnlicher Vorgang stattfinden muss, um so mehr, als diese beiden Forscher, wie mir scheint ganz evident die Einleitung zur Copulation der beobachteten Mikrozoosporen gesehen haben. Wenn auch dieser beobachtete Versuch einer Copulation nicht zu Ende durchgeführt und mit der Bildung von Zygosporen glücklich abgeschlossen wurde, so lässt sich daraus noch keineswegs schliessen, dass die scheinbar copulirten Mikrozoosporen-Paare „monstreuse Bildungen" darstellen (il était évident que ces corpuscules doubles ne représentaient que des microzoospores monstrueuses. Il nous semble que ce sont celles-ci que M. Areschoug a prises pour des zoospores en voie de copulation. pag. 4 l. c.).

Auch bei Ulothrix findet die Copulation oft nicht so leicht statt, wie es der Beobachter wünschen möchte.

Von andern Arbeiten über verwandte Reproductions-Processe sind weiterhin noch zu nennen:

Dr. W. Velten, „Beobachtungen über Paarung von Schwärmsporen." Bot. Zeitg. 1871, No. 23.

J. F. Rostafinski, „Beobachtungen über Paarung von Schwärmsporen." Bot. Zeitg. 1871, No. 46. (Vergl. auch Sachs, Lehrb. der Botanik IV. Aufl. 1874. pag. 258.)

Rostafinski hat an genanntem Ort nachgewiesen, dass die Beobachtungen über Paarung von Schwärmsporen, wie sie Velten beschrieb, unrichtig gedeutet wurden und die beschriebenen und durch Zeichnungen erläuterten Vorgänge der Velten'schen Beobachtungen nicht nur keine Copulation bedeuten, sondern die Absorption einer Makrozoospore von Chlamydococcus durch eine hungrige Monade veranschaulichen. Dagegen hat Rostafinski in der letztgenannten Arbeit den Copulationsvorgang von Zoosporen bei Chlamydomonas zur Evidenz bewiesen.

Prof. Jacob Walz hat laut dem „Bot. Jahresbericht 1874" in den Sitzgsber. der Neuruss. Gesellschaft der Naturforscher Odessa 1874, Seite 11—12 einige weitere Mittheilungen über die von Areschoug untersuchte Urospora mirabilis gemacht, aus denen ich — durch das Referat im Bot. Jahresbericht — entnehme, dass Walz nicht allein eine zweite Art von Mikrozoosporen entdeckte, welche sich mit der ersten Art, der von Areschoug beschriebenen, copuliren und ruhende Zygosporen bilden, sondern dass bei Urospora mirabilis sogar die Makrozoosporen eine Copulation eingehen können und dann gleich nach der Copulation zu keimen vermögen, wie die nicht copulirten Makrozoosporen. Leider liegt mir diese Arbeit von Walz nicht vor; indessen unterdrücke ich denn doch meine wohlbegründeten Zweifel nicht, dass die mitgetheilten Beobachtungen richtig gedeutet worden seien, sondern glaube, dass sie sich wohl anders werden erklären lassen, als es von Walz geschehen.

Weiter sind zu nennen:

Cornu, „De la fécondation chez les algues et en particulier chez l'Ulothrix seriata." (Bullet. de la soc. bot. 1874, pag. 72.)

Cornu hat keine Copulation von Schwärmsporen bei seiner Ulothrixform gesehen, dagegen glaubt er die Bildung von Chronosporen (Ruhesporen) bei U. seriata auf einen Copulationsakt zurück-

führen zu können. Die Confusion mit den Ulothrix-Arten und der Kenntniss ihrer Entwicklungsgeschichte scheint immer bedenklicher werden zu wollen. Es ist hohe Zeit, dass man sich ernstlich mit dieser Gruppe der Chlorozoosporeen beschäftiget, ansonst wird die Purification des immer gefährlicher anschwellenden Materiales schliesslich beinahe zur Unmöglichkeit.

Areschoug: „De germinatione phaeozoosporarum Dictyosiphonis hippuroidis observationes. Ups. 19. Decbr. 1874." Vergl. Bot. Zeitg. 1875, pag. 212—214, die Mittheilungen von Magnus in der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, Sitzg. vom 19. Januar 1875.

Areschoug: „Observationes Phycologicae. Partic. tertia de Algis nonnullis scandinavicis et de conjunctione phaeozoosporarum Dictyosiphonis hippuroidis." Ex. Act. Reg. Soc. Scient. Ups. Ser. III. Vol. X. Upsaliae 1875.

Rostafinski: „Quelques mots sur l'Haematococcus lacustris et sur les bases d'une classification naturelles des algues chlorosporées." Mèm. de la soc. nat. des sciences natur. de Cherbourg 1875. Tome XIX. Enthält einige Notizen über die Copulation von Schwärmsporen bei Gonium, Chlamydomonas multifilis et Chl. pulvisculus auf pag. 146, sodann über Copulation von Mikrozoosporenbei Hydrodictyon und Botrydium auf pag. 152.

Andere Arbeiten über die Copulation von Schwärmsporen oder nahe verwandte Vorgänge bei Algen sind mir bis zur Stunde nicht bekannt geworden. Die oben angeführten mögen Zeugniss ablegen von der Wichtigkeit dieser durch Pringsheim entdeckten Fortpflanzungsart, deren Kenntniss für die Untersuchungen der Chlorosporeen zum neuen Ausgangspunkt geworden ist.

Cramer widmet dem Copulationsakt von Ulothrix zonata nur wenige Zeilen. Er gesteht zu, dass es ihm unmöglich war, „ein Paar copulirter Zoosporen vom ersten bis zum letzten Stadium der Paarung zu verfolgen, ebensowenig kann er nähere Angaben über das Verhalten der gepaarten Schwärmer machen." Cramer spricht sodann die Vermuthung aus, „dass die Zoosporen erst nach vorausgegangener Ruhe sich weiter entwickeln." Diese Vermuthung erweist sich nach meinen sorgfältigen Untersuchungen als unrichtig, wie wir in einem folgenden Abschnitt sehen werden.

Nach diesen geschichtlichen Bemerkungen gehe ich an die Darstellung des Copulationsprocesses der Zoosporen von Ulothrix zonata

und constatire an der Hand der möglichst genauen Zeichnungen in Taf. XXXIV. und XXXVI. Folgendes:

Sobald die aus der Mutterzelle ausgetretenen Mikrozoosporen nach der Durchbrechung oder der vollständigen Auflösung der Umhüllungsblase frei geworden sind, beginnen sie den fröhlichen Akt des freien Herumschwärmens. Sie entfernen sich rasch und lebhaft — unter schleuniger Rotation um ihre Längsaxe — von der Geburtsstelle weg, um in taumelnder Bewegung ihr Glück zu versuchen. Auf dieser Reise treffen sie zufällig auf eine andere Gruppe eben in Freiheit gelangender Mikrozoosporen und sobald dies geschehen ist, beginnt die Einleitung zur Copulation. Wir sehen alsbald zwei entweder gleich grosse oder nur wenig verschiedene Mikrozoosporen anscheinend sich erst nur mit den Cilien verwickeln (Taf. XXXIV. Fig. 21 a,b und a' b'), wobei letztere gleichsam mit einander verkleben, indess die beiden Zoosporenkörper mit den einander zugekehrten hyalinen Vorderenden noch ziemlich weit von einander abstehen, aber dessenungeachtet um ihre gemeinsame Axe rotiren. Diese Rotationen werden im Augenblick der Cilienverwicklung langsamer, unregelmässig, intermittirend, so dass man auf kurze Momente die Cilien der beiden Zoosporen sehen kann. Die gemeinsamen Rotationen der in Fig. 21 Taf. XXXIV. abgebildeten Zoosporen (Freihandzeichnung) dauerten kaum eine halbe Minute. Dann folgte plötzlich eine Schwenkung der einen Zoospore (a') in der Richtung des Pfeiles gegen die andere Zoospore (b'), um sich mit dieser zu vereinigen. Hiebei legte sich die etwas längliche, vorn und hinten verjüngte Zoospore a' an den mehr abgerundeten Zoosporenkörper b' und zwar der Art, dass die beiden hyalinen, cilientragenden Vorderenden der zwei Paarungsobjekte sich seitlich berührten, indess am hintern Theil des copulirten Körpers eine Einkerbung (Fig. 21 c Taf. XXXIV.) die beiden frisch vereinigten Zoosporen noch deutlich unterscheiden liess. Hierauf folgen gemeinsam ausgeführte Rotationen, die weniger schnell und weniger regelmässig vollzogen werden, als von den einzelnen noch nicht copulirten Zoosporen; immerhin sind jene im Anfang des Vereinigungsprocesses noch zu schnell, um die Cilien erkennen zu lassen. Unter taumelnden und unregelmässigen Bewegungen vollzieht sich die Verschmelzung der beiden seitlich zusammengefügten Zoosporen successive der Art, dass die Einkerbung am hintern chlorophyllhaltigen Ende immer undeutlicher wird (Taf. XXXVI. Fig. 4 Stadium 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7). Dabei nehmen

die Copulationsobjekte Wasser auf und runden sich unter fortdauernder Vergrösserung allmälig so ab, dass sie schliesslich einen spitzeiförmigen Körper darstellen, dessen vorderes hyalines und spitzeres Ende die 4 Cilien trägt, während der hintere abgerundete kugelige Theil die zwei grünen Plasmapartieen enthält, welche ursprünglich den beiden früher getrennten Mikrozoosporen angehörten. An der Grenze zwischen jeder grünen Plasmapartie und dem hyalinen vordern Theil der Zygospore oder auch am grünen Theil der letztern selbst finden wir die beiden rothen Pigmentflecke der zwei vereinigten Mikrozoosporen. Allmälig werden die Rotationen langsamer, die Cilien stellen nach und nach ihre schwingenden Bewegungen ein, um sie nach immer länger werdenden Pausen wieder aufzunehmen, bis sie schliesslich erstarren und vollständige Ruhe eintritt. Dann verschwinden nach wenigen — 2 bis 5 — Minuten die Cilien vollständig und die Zygospore, das Produkt der geschlechtlichen Vereinigung ist fertig. Was hierbei ganz besonders auffällt, ist der Umstand, dass das hyaline Vorderende der Zygospore sich gegen die Unterlage wendet, indess der hintere, chlorophyllhaltige Theil der Unterlage abgekehrt, dem Lichte zugewendet ist (Taf. XXXVI. Fig. 5.)

Welche Vorgänge am vorderen, cilientragenden Pol der zwei sich copulirenden Mikrozoosporen nach eingetretener Berührung erfolgen, wie sich z. B. beim Verschmelzungsprocess der beiden Körper die pulsirende Vacuole der einen und der andern Mikrozoospore verhält, konnte ich bisher aus leicht begreiflichen Gründen nicht ermitteln. Die Copulationsobjekte sind so klein und so lebhaft in ihren Bewegungen, dass es nur höchst selten gelingt, eine einzelne, lebendige Mikrozoospore auf die pulsirende Vacuole und die Cilienbewegung zu untersuchen. Unendlich schwieriger ist die allerdings höchst interessante Aufgabe, das Verhalten der contractilen Vacuole, die ich entschieden bei mehreren isolirten Mikrozoosporen beobachten konnte, während der unter den tollsten Bewegungen stattfindenden Copulation zu controliren. Diese Aufgabe gehört ohne Zweifel mit zu den interessantesten über die Befruchtungsvorgänge, wie ich aus den neulich von Strasburger (an der 48. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Graz) mitgetheilten Erscheinungen bei befruchteten Pflanzen- und Thier-Eiern schliessen muss. Ihre Lösung muss ich auf weitere Untersuchungen versparen.

Nicht immer gelingt es dem Beobachter, alle die oben beschriebenen auf einander folgenden Stadien der Copulation zu verfolgen. Sehr oft, ja sogar in den meisten Fällen erfolgt die Vereinigung der lebhaft schwärmenden Mikrozoosporen so rasch, dass wir sie erst dann erkennen, wenn sich die Zoosporenkörper bereits an einander gelegt haben. Immer aber scheint dieser Vereinigung eine ich möchte sagen tändelnde Bewegung der beiden Mikrozoosporen voraus zu gehen. Meist sieht man die zwei Zoosporen sich erst einige Zeit umkreisen, wobei sich die Cilien augenscheinlich mehr und mehr verwickeln, indess die eiförmigen Zoosporenkörper, deren Axen entweder parallel verlaufen, oder in der Richtung nach vorn convergiren, sich um eine zwischen ihnen liegende Axe drehen, bis sie sich seitlich an einander legen und dann in oben beschriebener Weise vereinigen.

Sehr häufig sehen wir zwei bereits mit den Cilien verwickelte Mikrozoosporen, die sich gleichsam zankend herumreissen, wieder von einander losmachen, ehe sie sich mit dem Körper berührt haben. Ja man findet sogar Mikrozoosporen, von denen die eine bereits am Körper der andern herumtastet und bald nach vorn, bald wieder rückwärts gleitet, ohne die passende farblose Copulationsstelle der andern zu finden, unverrichteter Sache, nach verfehltem Copulationsversuch aus einander treten. Es ist dies namentlich bei jenen Mikrozoosporen der Fall, die entweder schon abgerundet aus der Umhüllungsblase treten, oder aber schon längere Zeit geschwärmt und dabei sich in einem hohen Grade abgerundet haben, ohne einen Copulations-Genossen zu finden.

Am leichtesten vollzieht sich die Copulation dann, wenn die Mikrozoosporen eben ausschwärmen und noch eine unregelmässige kantige Gestalt besitzen. Dann sieht man nicht selten im gleichen Gesichtsfeld sechs bis zehn Paare Mikrozoosporen zugleich die Copulation vollziehen. Es finden dabei die kantigen und von mehr oder weniger ebenen Flächen begrenzten Sporenkörper viel leichter die auf einander passenden Copulationsstellen. Diese letztern sind, soviel ich an den verschiedenen Zoosporen beobachtete, farblos und liegen am vordern Theil der nackten Plasma-Masse. Die Vereinigung geschieht in allen Fällen zuerst am vordern, cilientragenden Pol und schreitet von da an rückwärts gegen die hintern grünen abgerundeten Theile der Copulations-Objekte. Die hiebei auf einander folgenden Verschmelzungsstadien habe ich in Taf. XXXIV. Fig. 20 a. b. c. d. e, Fig. 23 e e e, sowie in Taf. XXXVI. Fig. 4 dar-

gestellt (mit Hülfe des Prismas gezeichnet), nachdem ich diese Processe unzählige Mal verfolgt und wiederholt durch plötzlichen Zusatz von Jodlösung zum Zwecke ruhiger Beobachtung sistirt habe.

Noch habe ich zu erwähnen, dass zwei Mikrozoosporen, die im Begriff stehen, sich zu copuliren, auch zufällig mit den zwei hyalinen vordern Spitzen — einander direkt gegenübergestellt — sich berühren können (Fig. 23 e und 24, Taf. XXXIV.), ganz ähnlich, wie es Pringsheim für Pandorina Morum in Fig. 3 und 5 zu seiner genannten Arbeit dargestellt hat. Allein niemals sah ich eine Verschmelzung der beiden sich entgegengestellten hyalinen Vorderenden in jener Weise vor sich gehen, wie es bei Pandorina stattfindet, wobei also während der allmäligen Copulation die chlorophyllhaltigen Theile der zwei Copulations-Objekte einander abgekehrt wären, sondern in allen Fällen erfolgt erst ein Umkippen und seitliches Aneinanderlegen der sich berührenden Zoosporenkörper, ehe die weitere Verschmelzung stattfinden kann. Wenn Cramer Zwischenstadien zwischen den Pringsheim'schen Figuren a, b und e gesehen haben will, so erscheint mir dies räthselhaft. Cramer konnte höchstens in Copulation begriffene Zoosporen, die seitlich an einander lagen und seitlich die Verschmelzung eingingen, von hinten gesehen und so den Eindruck empfangen haben, als vollzöge sich die Verschmelzung ähnlich, wie nach Pringsheim bei Pandorina Morum; aber in Wirklichkeit findet man bei Ulothrix zonata niemals jene Zwischenstadien zwischen den Copulationsobjecten a, b und e der Fig. 5 in Pringsheim's Tafel. Die seitliche Verschmelzung der Zoosporen von Ulothrix zonata schliesst das biscuitförmige Uebergangsstadium aus.

Die beiden sich copulirenden Schwärmsporen von Ulothrix zonata sind meistens von gleicher Grösse, und verhalten sich vor und während des Copulationsprocesses durchaus gleich, so dass wir nicht im Stande sind, aus der Grösse und dem Verhalten während des Sexualaktes auf den Werth der einen oder der andern sich copulirenden Zelle einen Schluss zu ziehen. (Man vergleiche hiegegen: Areschoug, Observationes Phycologicae. Part. secunda de Urospora mirabili et de chlorozoosporarum copulatione. Ups. 1874.) Wir können weder in den Entstehungs- und Entwicklungsvorgängen, noch in der Gestalt und dem physiologischen Verhalten Momente finden, um zu bestimmen, welche der beiden die Copulation eingehenden Zellen die männliche und welche die weibliche zu nennen ist. Allerdings sieht man — aber verhältniss-

mässig sehr selten — auch grössere und kleinere Mikrozoosporen zusammentreten (Fig. 23 e u. 24, Taf. XXXIV.) und eine Copulation vollziehen, allein das sind Ausnahmen. Auch kann es vorkommen, dass eine noch langgestreckte kantige Mikrozoospore sich mit einer andern schon abgerundeten copulirt, aber in der grossen Mehrzahl der Fälle findet die Copulation zwischen gleichgeformten und gleichgrossen Schwärmsporen statt.

Ebenso ist wohl zu beachten, dass sich Mikrozoosporen eines und desselben Fadens (nicht aber aus einer und derselben Mutterzelle) paaren können. Ja es copuliren sich sogar Mikrozoosporen, die in gleicher Anzahl in gleichwerthigen Zellen desselben Fadens gebildet wurden, so dass von einer nur einigermassen bemerkbaren Geschlechts-Differenz der Copulations-Objekte von Ulothrix zonata schlechterdings nicht die Rede sein kann. Wir haben es hier jedenfalls mit der allereinfachsten, der primitivsten Form geschlechtlicher Vorgänge zu thun. Das erhellt — wie ich später zeigen werde — auch aus dem weiteren Verhalten der nicht copulirten Mikrozoosporen.

Noch habe ich einer sonderbaren Erscheinung zu erwähnen, die ich mehr wegen ihrer Seltsamkeit und Abnormität, als wegen einer ihr allfällig zukommenden Bedeutung für die Kenntniss der Sexualprocesse niederer Gewächse hier mittheile. Es ist die von mir nur Ein Mal von Anfang bis zu Ende beobachtete Copulation dreier Mikrozoosporen (Taf. XXXIV. Fig. 1-14). Ich bemerke, dass die betreffenden Zeichnungen mit freier Hand angefertigt sind, aber möglichst genau den während einer vollen Stunde langsam auf einander folgenden Stadien entsprechen. Erst glaubte ich mich zu täuschen, als ich plötzlich zwei langgestreckte kleinere Mikrozoosporen sich an die beiden Längsseiten einer grössern Zoospore anlegen sah, indess alle 3 Körper lebhaft ihre Cilien schwangen und lustig rotirten. Die Stelle, wo ich diese interessante Erscheinung im Gesichtsfeld beobachtete, war für die weitere Verfolgung des Processes äusserst günstig: es war wenig Raum für die Ortsbewegung der drei copulirenden Zoosporen vorhanden, während diese zwischen Faden gefangen doch hinreichend Platz fanden, um die Rotationen um die gemeinsame Axe und einige beschränkte Ortsbewegungen auszuführen. Der ganze Process vollzog sich von 10¼ bis 11¼ Uhr Vormittags, am 17. März 1875. Ich fand bei eintretenden Pausen in Folge von hemmenden Einflüssen auf

die Bewegung hinreichend Zeit, diese 14 Figuren aufzunehmen. Ich lasse hier die damals niedergeschriebenen Notizen über diesen sonderbaren Vorgang folgen: In den Stadien von Figur 1. 2 und 3 bewegte sich die dreieinige Zygospore so lebhaft, dass ich am Hinterkörper nur die zwei Einschnitte zwischen der mittleren und den beiden seitlichen Zoosporen und gegen den vorderen Theil die 3 rothen Pigmentflecke, nicht aber die Cilien selbst sehen konnte. Letztere wurden erst nach und nach, auch nur zum Theil sichtbar. Alle Zeichnungen, mit Ausnahme von Fig. 4, sind von Ansichten genommen, bei denen alle 3 rothen Flecke sichtbar waren. Figur 7, 10 und 13 zeigen das Copulationsprodukt von hinten gesehen. Wie aus Figur 1, 2, 3, 5, 6, 10 und 11 ersichtlich ist, konnten die drei den ursprünglich isolirten Zoosporen angehörenden grünen Plamaportionen oft noch deutlich unterschieden werden. Im Stadium von Figur 13 sah ich deutlich 5 Cilien, in Figur 14 — bei eintretender Ruhe — zählte ich dagegen 6 Cilien, von denen etliche während des Erstarrens am Deckgläschen anstiessen. Nachher verlor ich leider die Zygospore vollständig aus dem Gesichtsfeld, da mittlerweile die Flüssigkeit in Folge Verdunstens das Objekt so sehr an den Rand des Deckgläschens hinzog, dass schliesslich die beiden Flüssigkeiten auf und unter dem Deckgläschen (Hartnack's Immersionssystem No. IX.) zusammenflossen und eine weitere Verfolgung des Copulationsproduktes unmöglich wurde. Ich kann also bloss die Thatsache der Copulation dreier Zoosporen zur Bildung einer einzigen Zygospore constatiren, ohne im Stande zu sein, über das Schicksal der letztern Weiteres mitzutheilen. Das Produkt dieser Vereinigung dreier Mikrozoosporen war eine über das gewöhnliche Mass hinausgehende Zygospore. Hier haben wir einen ähnlichen Process, wie ihn Areschoug bei der Copulation der zur Ruhe gelangten Schwärmsporen von Dictyosiphon hippuroides mehrmals beobachtet hat. Dort war allerdings das Resultat ein etwas anderes: Die eine der drei sich copulirenden Sporen gab ihren Inhalt zum Theil an die zweite, zum Theil an die dritte Spore ab, so dass in Folge dieses Vorganges dort zwei geschlechtlich erzeugte Individuen resultirten, während bei der Copulation von 3 Mikrozoosporen bei Ulothrix zonata nur Eine Zygospore entsteht. (Nachträglich lese ich in dem Aufsatz von Rostafinski [Mém. d. l. Soc. nat. des Scienc. nat. de Cherbourg T. XIX. p. 152], das Suppanetz in dem Laboratorium von De Bary die Copulation von Mikrozoosporen bei Hydrodictyon beobachtet hat und zwar

nicht allein die Copulation von zwei, sondern von 3, 4, ja bis 6 Mikrozoosporen.)

Noch viel zutreffender ist der Vergleich der Copulation dreier Zoosporen zu einer einzigen Zygospore mit dem Process der geschlechtlichen Befruchtung bei jenen Oosporeen, deren Spermatozoiden sehr klein sind und in grosser Zahl mit der unbefruchteten Oosphäre in Berührung kommen, wobei mehrere Spermatozoiden zu gleicher Zeit mit der Plasmamasse der Eizelle verschmelzen, wie dies bei den Fucaceen der Fall zu sein scheint. In dem von mir beobachteten, oben beschriebenen Fall der Copulation dreier Zoosporen bei Ulothrix zonata war die eine Mikrozoospore beträchtlich grösser als die beiden andern, die sich quasi als befruchtende Samenkörper an sie anklammerten. Wir können jene grössere Zoospore als die weibliche, die beiden andern, kleinern Mikrozoosporen als männliche bezeichnen. Dieser Fall (sowie die als Ausnahmen angeführten Fälle von Copulationen einer grössern mit einer kleinern Mikrozoospore), lässt uns an dieser Ulothrichee bereits den ersten Anfang zu einer weiter gehenden geschlechtlichen Differenzirung erkennen. Wir haben hier gleichsam die ersten Versuche zu einer typisch-sexuellen Befruchtungs- und Fortpflanzungsweise. Wenn wir uns nun noch daran erinnern, dass die Bewegungen der grössern Zoosporen bei Ulothrix langsamere und schwerfälligere sind, als diejenigen der kleinern Mikrozoosporen, so haben wir in der Copulation einer grössern mit einer oder mit 2 kleinern Zoosporen, wie sie bei Ulothrix ausnahmsweise dann und wann beobachtet wird, ein neues Moment für die Pringsheim'sche Theorie, derzufolge die „Paarung von Schwärmsporen als morphologische Grundform der Zeugung im Pflanzenreich“ betrachtet werden muss. Denken wir uns den Fall, dass bei Ulothrix jene grössern Mikrozoosporen, die noch eine Copulation eingehen können, bloss aus der Mutterzelle entleert würden, ohne nachher zu schwärmen, aber von den kleinern Mikrozoosporen aufgesucht und in einen Copulationsakt hineingezogen würden, so möchten wir nicht zögern, die Ulothricheen zu den Oosporeen (mit sexueller Befruchtung der Eizellen) zu rechnen. Ein Analogon bietet uns die Gattung Fucus. Blieben die grösseren noch copulationsfähigen Zoosporen bei Ulothrix vollends in der Mutterzelle liegen und warteten sie dort die schwärmenden und sich mit ihnen copulirenden kleinern Mikrozoosporen ab, so hätten wir denselben Vorgang der sexuellen Fortpflanzung wie bei Sphaeroplea annulina. (Cohn,

Ann. des scienc. nat. 4me série. T. 1856. pag. 187 und Sachs, Lehrb. der Botanik. IV. Aufl. 1874. pag. 272—273) oder wie bei Volvox Globator, deren Entwicklungsgeschichte wir neulich durch Cohn (Beiträge zur Biologie der Pflanzen III. Heft. 1875) kennen lernten. Da nun aber die Copulation verschieden grosser Schwärmsporen bei Ulothrix nur als Ausnahmefall erscheint, da ferner, wie ich im folgenden Abschnitt nachweisen werde, die copulationsfähigen Mikrozoosporen, sobald sie am Schwärmen oder an der Copulation verhindert werden, auch ohne vollzogene geschlechtliche Vereinigung zu keimen und neuen Individuen das Dasein zu geben vermögen, so haben wir für rückwärts Anhaltspunkte dafür, dass die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Zoosporenbildung der Ausgangs-Modus für die niedrigste Form geschlechtlicher Fortpflanzung gewesen ist. Die Copulation der Schwärmsporen steht hiernach in der Mitte zwischen ungeschlechtlicher Fortpflanzung durch bloss schwärmende und nachher sofort keimende Zoosporen einerseits und der typischen geschlechtlichen Fortpflanzung bei den Oosporeen anderseits. Beide Gegensätze sind in den Fortpflanzungserscheinungen von Ulothrix zonata bereits deutlich vorgezeigt und durch die feinsten Abstufungen in der Entwicklungsgeschichte und Morphologie der Zoosporen (Makro- und Mikrozoosporen) und den Copulationsvorgängen, sowie im Verhalten der nicht copulirenden Zoosporen und demjenigen der Zygosporen verbunden.

Ich habe an dieser Stelle noch zu bemerken, dass ich bei der Untersuchung der Hunderte von Zygosporen, bei denen ich auf die Zahl der Cilien achtete, ausser dem oben beschriebenen Fall der Copulation dreier Mikrozoosporen am 15. März auf eine Zygospore stiess, bei welcher ich ebenfalls mehr als 4 Cilien und zwar ganz deutlich 6 Schwingfäden bemerkte.

Diese zwei Beobachtungen lassen die auf Grund der Cramer-schen Arbeit gerügte Darstellung des Copulationsvorganges bei Ulothrix, wie sie in meiner „Neuern Schöpfungsgeschichte" pag. 105 als Fig. 14 erscheint, doch als „richtig" erkennen; denn was falsch sein sollte — die Anzahl von mehr als 4 Cilien bei den copulirten Sporen — ist, wie aus Obigem hervorgeht, kein Fehler, sondern nur ein in Wirklichkeit hie und da statthabender Ausnahmefall. Jener incriminirte Holzschnitt bedarf demnach keiner Correctur, sondern nur einer Ergänzung in dem Sinne, dass man noch etliche Zygosporen mit bloss 4 Cilien einschiebt.

Dass das specifische Gewicht der Mikrozoosporen, gleichviel ob sie sich copuliren oder nicht, schliesslich grösser ist als 1, wurde bereits im vorhergehenden Kapitel auseinandergesetzt. Die Zygosporen lassen sich also auf dem Grund oder der zunächst unter ihnen befindlichen Unterlage nieder, dort dicht neben einander liegend Colonieen bildend, deren Einzelindividuen alle in gleichem Sinne situirt sind, d. h. mit dem hyalinen Vordertheil der Zygospore abwärts schauen, während der Hintertheil mit seinen zwei grünen Plasmapartieen und den 2 meist opponirten, seitlich gelegenen rothen Punkten nach oben gerichtet ist. Die Zygosporen setzen sich also in gleicher Weise fest, wie die nicht copulirten Mikro- und Makrozoosporen. Wir werden das weitere Verhalten der ersteren verfolgen, wenn wir über das Schicksal der letzteren unterrichtet sind.

VII. Das Verhalten der zur Ruhe gelangten Makrozoosporen und der nicht copulirten Mikrozoosporen.

Wir haben schon in einem vorhergehenden Abschnitt bemerkt, dass die schwärmenden Makrozoosporen ein specifisches Gewicht besitzen, das demjenigen des Wassers ungefähr gleichkommt, dass sie sich daher nach vollendetem Schwärmstadium entweder an den Rand des Wasserbehälters, in der Nähe des Wasserspiegels oder an schwimmende Faden, vorzugsweise aber an Kalkkryställchen ansetzen, während sich die Mikrozoosporen, gleichviel ob sie sich copuliren oder nicht, in tiefern Regionen zur Ruhe begeben. Dieser Umstand — nebst andern Momenten — ermöglichte es, die Keimlinge aus beiderlei Zoosporen bei der Züchtung im Zimmer jederzeit zur Untersuchung bereit zu haben und ihr Verhalten von Anfang an bis zur vollen Entwicklung mit grosser Sicherheit zu verfolgen. Ich bin daher im Falle, aus meinen diesbezüglichen Beobachtungen über die Keimung von Makro- und Mikrozoosporen Folgendes mittheilen zu können.

Die Makrozoosporen setzen sich — zur Ruhe kommend — mit dem vordern hyalinen Ende fest, verlieren ihre Cilien und beginnen sofort zu keimen (Taf. XXXII. Fig. 4, 5, 6, 7. — Taf. XXXIII. Fig. 1 a. b. c. d. e). Die kugelig-eiförmige Zelle erhält eine Cellulose-Membran und streckt sich nach 2 Richtungen der Art, dass der vordere hyaline festsitzende Theil der Makrozoospore

alsbald ein wurzelartiges farbloses Haftorgan darstellt, während der hintere chlorophyllhaltige Theil der Zoospore allseitig in die Dicke und Länge wächst und den vegetativen assimilirenden obern Theil des jungen Pflänzchens darstellt (Taf. XXXII. Fig. 5. Taf. XXXIII. Fig. 1 b. c u. Fig. 2). Schon nach 24 Stunden hat das Keimpflänzchen eine Länge erreicht, die das Zwei- bis Dreifache des Querdurchmessers der ursprünglichen Makrozoospore ausmacht. Dabei sehen wir, dass das grüne, chlorophyllhaltige Plasma als wandständige Schicht den ganzen obern Theil des noch einzelligen Keimpflänzchens auskleidet. Der rothe Fleck der ursprünglichen Makrozoospore findet sich auch nach 24 Stunden noch vor und liegt seitlich auf der halben Länge oder an der Grenze zwischen dem erst- und zweitobersten Drittel der Zelllänge. Er ist langgestreckt und steht zur Längsaxe der gestreckten Zelle entweder quer oder schief, seltener parallel. Dass dieser rothe Fleck unmittelbar unter der Cellulose-Membran liegt, muss daraus geschlossen werden, dass seine Farbe nie durch eine zwischen ihm und dem Objektiv liegende grüne Plasmaschicht getrübt oder verdeckt wird. Das grüne Plasma selbst ist im Anfang des Keimstadiums entweder feinkörnig oder in eine homogene wandständige Platte mit eingestreuten grossen Chlorophyllbläschen differenzirt, je nach der Beschaffenheit der Makrozoospore, aus welcher der Keimling hervorging. Im erstern Falle aber treten grössere Chlorophyllbläschen auf, in deren Nähe die grüne Plasma-Schicht, welche die Innenseite der Zellmembran auskleidet, etwas dicker ist, als an andern Stellen. Dann bildet sich eine Querwand, welche das Keimpflänzchen in eine obere dickere und eine untere dünnere, langgestreckte Zelle theilt (Taf. XXXII. Fig. 6, Taf. XXXIII. Fig. 1 c und 2). In der obern dickern Zelle ist der rothe wandständige Pigmentfleck immer noch sichtbar. (Kützing stellt in Taf. 80 seiner Phycologia generalis auch Keimpflänzchen aus Makrozoosporen von Ulothrix zonata dar. Bei 5 Exemplaren zweizelliger Keimpflänzchen finden wir nach Kützing den rothen Pigmentfleck in der untern, d. h. der spätern Fusszelle. Meine eigenen Beobachtungen stehen mit dieser Kützing-schen Darstellung einigermassen im Conflikt, da ich in der Regel, doch mit Ausnahmen, den rothen Fleck bei 2zelligen Keimlingen eben nicht in der untern, sondern in der obern Zelle sah.) Beide Zellen strecken sich nun weiter; der grüne plasmatische Wandbeleg differenzirt sich in grössere Chlorophyllbläschen, dickere wandständige Plasmaklumpen und einen feinhäutigen Cylindermantel,

welcher in Form eines Gürtels sich allmälig auf die mittlere Querzone der beiden Zellen zurückzieht, so dass sowohl am Scheitel, als an der Fussstelle des Keimpflänzchens, wie in der Nähe der Querwand der grüne Wandbeleg fehlt und dort der Zellinhalt wasserhell erscheint. Oft sehen wir auch in der obern oder gar in beiden Zellen nebst den grünen Chlorophyllbläschen auch einen farblosen, wandständigen Zellkern. Hat das 2zellige Keimpflänzchen eine beträchtliche Länge erreicht, so theilen sich in der Regel zu gleicher Zeit beide Zellen ebenfalls durch Querwände, so dass dann mit Einem Mal das Pflänzchen aus 4 Zellen zusammengesetzt erscheint (Taf. XXXII. Fig. 7 und Taf. XXXIII. Fig. 1 d e u. Fig. 2). Der rothe Pigmentfleck findet sich — wenn er überhaupt noch sichtbar ist, was sehr oft der Fall — meistens in der zweitobersten Zelle und zwar mitten im wandständigen grünen Plasmagürtel. Er ist indessen im Erbleichen begriffen und wird nur noch unmittelbar nach der Bildung der letzten Querwände (circa 48 Stunden nach dem Beginn der Keimung) deutlich erkannt, während er an ältern, langgestreckten 4-zelligen Keimlingen nicht mehr zu sehen ist (Vergl. Taf. XXXII. Fig. 7 und Taf. XXXIII. Fig. 1 d, 1 e u. Fig. 2 c). Von da an folgen sich die Wachsthums- und Zelltheilungsprocesse unter normalen Verhältnissen in raschem Wechsel auf einander und zwar unter jenen Erscheinungen, die ich schon oben im ersten Abschnitt (über das Aussehen der Zellfaden) bereits beschrieben habe. Aus dem 4-zelligen Keimpflänzchen wird zunächst ein 8-zelliger, dann ein 16-zelliger Faden (Taf. XXXIII. Fig. 2 d), dessen Einzelzellen jene charakteristische Anordnung und Differenzirung des Plasma's besitzen, wie wir oben im ersten Abschnitt, pag. 422, bei Besprechung des Fadentypus e gesehen haben.

Nicht selten streckt sich die unterste oder die sogenannte Fusszelle des Keimpflänzchens der Art, dass sie auf die grösste Länge ihres haarartigen Schlauches des grünen Plasma's entbehrt. Letzteres stirbt auch nicht selten frühzeitig ab, so dass dann die Fusszelle sich in der Folge nicht mehr weiter theilt. Seltener theilt sich bei wenigzelligen Keimpflänzchen die eine und die andere Zelle, z. B. die Fusszelle auch nicht gleichzeitig mit den über ihr stehenden obern Zellen, so dass man dann 3-zellige, 5—7- 9—15-zellige junge Ulothrix-Individuen antrifft, anstatt wie sonst regelmässig nur 2-, 4-, 8- oder 16-zellige Keimpflanzen. Ein Zeugniss dieser Unregelmässigkeiten, die nach unsern Beobachtungen fast als Ausnahmefälle zu betrachten sind, findet sich in der Kützing-

schen Tafel 80 (Phycologia generalis), wo wir nebst 2- 4- und 8-zelligen Keimlingen auch solche antreffen, die aus 3, 5, 6, 7 und mehr als 8 Zellen bestehen.

Sehr oft zieht sich in der langgestreckten Fusszelle der grüne Plasmabeleg in den obern Theil zurück, woselbst dann der Theilungsprocess weiter fortgesetzt wird, wie in andern Theilen des Fadens. Das Resultat dieses Vorganges ist schliesslich ein langgestrecktes, mehrzelliges, dünnes Fadenstück, das ausnahmsweise früher abstirbt, als der übrige Theil des Fadens und dann weiter am Vegetations- und Reproduktionsgeschäft keinen Antheil nimmt. (Vergl. Nägeli. Die neuern Algensysteme. Taf. I. Fig. 52). Inwiefern die Braun-sche Charakteristik der Fusszelle von Ulothrix zonata (Verjüngung pag. 159) zu corrigiren ist, habe ich bereits an anderer Stelle oben, pag. 431—433, angedeutet.

Ich habe bereits in einem früheren Abschnitt mitgetheilt, dass die Makrozoosporen auch in der Mutterzelle zu keimen vermögen (Taf. XXXVI. Fig. 1 a und b). Es geschieht dies in der Regel dann, wenn bei der Entleerung eines Makrozoosporenbehälters eine oder zwei Sporen gefangen bleiben (Taf. XXXVI. Fig. 1 d). Dabei beobachten wir an einzelnen Keimpflänzchen ganz dieselben Erscheinungen, wie wenn die Keimung ausserhalb der Mutterzelle stattfindet. Es bildet sich in der Regel auch eine langgestreckte Fusszelle, die gewöhnlich auf einer Stelle der Innenseite der cylindrischen Mutterzellmembran aufsitzt, während der Keimling, in die Länge wachsend, quer durch die Mutterzelle gerichtet ist und mit seinem obern Theil durch die Geburtsöffnung der nur zum Theil entleerten Mutterzelle nach Aussen dringt. Hie und da trifft man aber auch einen Makrozoosporenkeimling, der mit seinem Fusstheil durch die Geburtsöffnung tritt, indess der Scheiteltheil in der Mutterzelle eingeschlossen bleibt; solche Fehlgeburten sind indess selten und als Ausnahmefall zu betrachten. Der geschilderte Keimprocess der Makrozoosporen in der Mutterzelle muss nun als selbstverständlich erscheinen lassen, dass die Längsaxe des Keimlings senkrecht auf der Längsaxe des mütterlichen Fadens steht. Es ist zu vermuthen, dass es weiteren Beobachtungen gelingen wird, durch die Art und Weise des Theilungsprocesses bei der Bildung der Zoosporen, sowie durch die Beantwortung der Frage, wie der farblose Keimfleck an der frischentstandenen Zoospore zur Axe des mütterlichen Fadens gestellt erscheint, zu constatiren, dass die Theilungsprocesse beim Keimen der Zoosporen in allen

Fällen in senkrechter Richtung zu den Theilungsprocessen des mütterlichen Plasmas vor sich gehen. Da die Zygosporen ebenfalls mit dem vordern hyalinen Ende festsitzen, um — wie ich im folgenden Abschnitt zeigen werde — ebenfalls in ein wurzeltragendes Pflänzchen auszuwachsen, das sich beim Keimen ganz ähnlich verhält wie ein 1-zelliges Keimpflänzchen aus einer Zoospore, so eröffnet sich uns hier die Perspective zur Beantwortung jener Frage: Ist die geschlechtliche Fortpflanzung schliesslich nicht gar auf eine Richtungsänderung im Theilprocess der mütterlichen (resp. auch der väterlichen) Zellen zurückzuführen?

Das Charakteristische der aus den Makrozoosporen hervorgehenden Keimpflanzen von Ulothrix zonata ist das ungemein rasche Längenwachsthum. Die Zellen eines solchen jungen Fadens sind langgestreckt und überragen in der Länge den Querdurchmesser um ein Beträchtliches. Niemals sind diese Faden im vegetativen Zustand gegliedert, wie dies beim Fadentypus f und b — oben im ersten Abschnitt — stattfindet. (Man vergl. Taf. XXXI. Fig. 5 a b c mit Fig. 3 und 4). Bei diesem raschen Wachsthum ist es möglich, dass der aus einer Makrozoospore hervorgehende Faden nach 4 Tagen schon aus 16, nach 8 Tagen aus 256, nach 10 Tagen schon aus 1024 Zellen besteht und um diese Zeit oder schon früher bereits Zoosporen zu bilden vermag. Nach und nach wird jedoch das Längenwachsthum ein langsameres, indess die Zellen fortfahren, sich zu theilen. Diese letztern werden also immer kürzer, je älter der Faden, bis sie schliesslich eine beträchtlich geringere Länge besitzen, als der Querdurchmesser, so dass dann der Plasmagürtel die ganze Cylinderwand auskleidet. Damit tritt ein Stadium ein, wo letzterer auf die Querwände ausbiegt und sich der Zellinhalt zur Zoosporenbildung anschickt. [Vergl. Braun, Verjüngung, pag. 159, dessen diesbezüglichen Passus ich oben (pag. 431. Abschnitt über Längen- und Dickenwachsthum) schon citirt und besprochen habe.]

Ich habe in Figur 3, 4 und 5, Taf. XXXIII. im Zimmer gezüchtete Keimpflanzen dargestellt, die 8 Tage (Fig. 3 und 4) und 14 Tage (Fig. 5) alt waren und bereits — unter relativ ungünstigen Verhältnissen — Zoosporen zu bilden begannen. Diese Keimpflanzen aus Makrozoosporen vegetirten am Rande eines kleinen Porcellantellers, in welchem anfangs während weniger Nachmittagsstunden zahlreiche Makrozoosporen aus schwimmenden Ulothrix-

faden schwärmten. Letztere wurden gleich, nachdem jene zur Ruhe gekommen waren, entfernt, um die Keimpflänzchen ungestört verfolgen zu können. Die Züchtung dieser letztern fand — wie bemerkt — im Zimmer statt, wobei ein Tropfapparat benützt wurde, um den jungen Pflänzchen stets frisches Wasser zuzuführen. Bei der Bewegung des Wassers wurden natürlich die an Kalkkryställchen des Tellers haftenden Faden fortwährend beunruhiget, und diesem Umstand, wie auch den nicht ganz günstigen Temperatur-Verhältnissen ist es wohl zuzuschreiben, dass diese gezüchteten Ulothrixfaden nicht länger wurden, sondern im Wachsthum der Art zurückblieben, dass sie nach 8—14 Tagen nicht mehr als je 4 bis 16 Zellen zählten. Nichts destoweniger begannen einige Faden schon am 8ten Tage mit der für die Zoosporenbildung so charakteristischen Zerklüftung des grünen Plasmas (Taf. XXXIII. Fig. 4 x). In Figur 5 haben wir zwei 14-tägige Ulothrixfaden, die bereits Makrozoosporen und Mikrozoosporen in reifem Zustand erkennen lassen. Diese beiden Objekte, sowie andere ähnliche Beobachtungen an Keimpflanzen aus Makrozoosporen, die sich unter natürlichen Umständen entwickeln, constatiren, dass die aus den Makrozoosporen von Ulothrix zonata hervorgehenden Faden beiderlei — Makrozoosporen und Mikrozoosporen — zu bilden vermögen. Sie sind die Produkte ungeschlechtlicher Fortpflanzungszellen; sie vermögen sowohl geschlechtliche, als auch ungeschlechtliche Fortpflanzungszellen zu erzeugen. Allerdings gibt es Ulothrixfaden, welche aus Makrozoosporen hervorgehen und schliesslich bloss wieder Makrozoosporen bilden, also ungeschlechtlich erzeugt, selbst wieder ungeschlechtlich sind. Ein Beispiel hievon ist der in Taf. XXXII. Fig. 1 a b c d dargestellte Faden. Allein ebenso gewiss gibt es Ulothrixfaden aus Makrozoosporen, die — wie jene gezüchteten Keimlinge — beiderlei Zoosporen bilden (Tafel XXXVI. Figur 1 a—g). Auch sprechen mancherlei Erscheinungen dafür, dass es Abkömmlinge von Makrozoosporen gibt, die bloss Mikrozoosporen bilden. Da aber letztere nicht immer zu copuliren brauchen, um einer neuen Generation das Dasein zu geben, sondern auch ohne geschlechtliche Vereinigung zu keimen vermögen (wie wir unten sehen werden), so scheint es fast ein Wagniss zu sein, die Behauptung aufzustellen, dass die einen Ulothrixfaden geschlechtlos, die andern dagegen ganz evident geschlechtlich seien und eine dritte Categorie aus beiderlei Fragmenten, aus geschlechtslosen und ungeschlechtlichen, bestehe.

Die ganze Untersuchung dieser Frage führt mich zu dem Schluss, dass die Bildung von Makro- und Mikrozoosporen nicht zumeist von der Natur des Fadens, nicht von der Art der Zeugung dieses oder jenes zoosporenbildenden Individuums, sondern zum grössten Theil von äussern Umständen, die auf das einmal vorhandene Individuum einwirken, abhängt. Damit ist keineswegs gesagt, dass sich nicht von Zeit zu Zeit in der Generationsfolge selbst eine durch Vererbung und Anpassung in die Species gelegte und in ihr befestigte Disposition zur Bildung von Mikrozoosporen (geschlechtl. Zellen) geltend mache. (Vergl. übrigens das Schlusskapitel, das nach 8-monatlichen weitern Untersuchungen diese Frage eingehender behandelt.)

Die besten Argumente für die problematische Ausprägung geschlechtlicher Gegensätze in den Mikrozoosporen geben diejenigen kleinen Schwärmsporen, die eine Copulation nicht eingehen und dennoch zu keimen vermögen.

Schon lange ist die Thatsache bekannt, dass bei Ulothrix zonata Sporen beobachtet werden, die innerhalb der Mutterzelle keimen und erst keimend — als 2- und mehrzellige Pflänzchen geboren werden. (Kützing. Phycologia generalis. 1843. pag. 252 und Taf. 80. Fig. 17 und 18). Der berühmte Algologe Kützing bemerkt über dergleichen lebendig-gebärende Fäden kurz Folgendes: „an andern (Fäden) beobachtete ich jedoch, dass hier die durch Theilung der Amylidzellen entstandenen Körperchen noch innerhalb ihrer Zellen, ohne vorher Bewegung zu zeigen und ohne einen rothen Augenpunkt erkennen zu lassen, sich zu jungen Individuen entwickelten. Manche Fäden starrten ganz von diesen Auswüchsen und boten ein eigenthümliches Schauspiel dar, denn aus jeder Zelle sprossten mehrere junge Individuen hervor (l. c. p. 252).

Auch Rabenhorst hat in seiner „Kryptogamen-Flora von Sachsen, Thüringen etc. I. Abtheilg. 1863“ dieses Vorganges erwähnt und denselben sogar in einem Holzschnitt (auf pag. 235) dargestellt. Von den Ulothricheae sagt dieser Autor: „Fortpflanzung durch Sporen und Schwärmsporen. Erstere keimen meist schon in der Mutterzelle und brechen keimend hervor.“

Ich habe schon in den vorhergehenden Abschnitten darauf aufmerksam gemacht, dass Zoosporen, welche bei der Geburt des zu entleerenden Inhaltes in Folge des Zerreissens der Umhüllungsblase im Innern der Mutterzelle zurückbleiben, nachträglich entweder — was jedoch selten geschieht — noch in Freiheit gelangen,

oder aber — was sehr häufig stattfindet — in den Mutterzellen zu keimen anfangen, ohne vorher geschwärmt, oder höchstens nur innerhalb der Mutterzelle einige ruckweise Bewegungen ausgeführt zu haben (Taf. XXXV. Fig. 2. 3. 6 und Taf. XXXVI. Fig. 1 a—g). Es gilt dies sowohl von Makro- als von Mikrozoosporen. Dass die Makrozoosporen zu keimen vermögen, ohne die geöffnete Mutterzelle zu verlassen, hat nichts Befremdendes; sind sie doch ungeschlechtliche Fortpflanzungszellen, bei denen es gleichgültig sein kann, ob sie ein grösseres oder kleineres Stück der sie umgebenden Welt beim Schwärmen gesehen haben oder nicht. Sie bedürfen zur weitern Entwicklung keiner Einwirkung anderer Schwärmzellen, sondern tragen in sich selbst, sobald sie zur Reife gelangt sind, die Keimfähigkeit, die bei unterdrücktem Schwärmen nicht verloren geht. Ganz anders verhält es sich aber mit den Mikrozoosporen; denn diese werden doch wohl — weil copulationsfähig — als Geschlechtszellen angesehen werden. Die Frage über das Schicksal der nicht-copulirten Mikrozoosporen, jener Sexualzellen, die sich sonst in der Regel zur Erzeugung eines neuen Individuums zusammenpaaren, ist daher wohl der interessanteste Punkt der ganzen Untersuchung.

Ich betone, dass die Lösung der Fragen: was wird aus den Zygosporen und was geschieht nach nicht erreichter Copulation aus den Mikrozoosporen? mein ganzes Augenmerk auf sich gezogen hat. Ich glaube an der Hand meiner mehrmonatlichen Untersuchungen zur definitiven Beantwortung gekommen zu sein und bemerke hier zum Vornherein, dass die zahlreichen mikroskopischen Zeichnungen über diese Fragen es fast allein ermöglichten, zu einem befriedigenden Resultat zu gelangen. Die wichtigsten hierauf bezüglichen Figuren sind in Taf. XXXV., XXXVI. und XXXVII. zusammengestellt. [Areschoug (Observationes Phycologicae II. 1874) war nicht im Falle, bei den von ihm untersuchten, mit copulationsfähigen Mikrozoosporen ausgestatteten Chlorosporeen, Urospora mirabilis, Cladophora sericea und Cl. arcta und Enteromorpha compressa ermitteln zu können, welches Schicksal die nichtcopulirten Mikrozoosporen trifft.]

Wir haben oben (Abschnitt über die Entleerung der Zoosporen) gesehen, dass während der Geburt der Mikrozoosporen beim Zerreissen der Umhüllungsblase oft 4 Mikrozoosporen in der Mutterzelle zurückbleiben, von denen in den einen Fällen die eine und die andere nachträglich durch ihre eigene Anstrengung doch noch

in Freiheit gelangt, während in andern Fällen alle Zurückgebliebenen endgültige Gefangene sind (Taf. XXXIV. Fig. 22 und 23). Ich habe in Fig. 6 Taf. XXXV. einen Faden dargestellt, bei dem eine grosse Zahl von Mutterzellen mehrzellige Keimlinge enthält, welche aus der Mutterzelle — meist zu 4 — hervorbrechen und ohne Zweifel aus gefangen gebliebenen Mikrozoosporen hervorgingen. Benachbarte Zellen sind entleert, während diese lebendig-gebärenden, Keimlinge enthaltenden Mutterzellen nur einen Theil ihrer Mikrozoosporen entliessen, ähnlich wie die auf Taf. XXXIV. dargestellten Fadenfragmente in Fig. 22 und 23. Der Einwurf, dass diese in den Mutterzellen fussenden Keimlinge doch ebenso gut aus Makrozoosporen — also aus ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen hervorgegangen gedacht werden können, wie als aus Makrozoosporen, wird einerseits durch die sehr kleinen fusslosen Keimlinge selbst, andererseits aber durch die auf Taf. XXXV. Fig. 2 und 3 dargestellte Erscheinung widerlegt. Wäre es mir nicht gelungen, zur ganz festen Ueberzeugung zu kommen, dass nicht bloss 8, sondern evident mehr als 12, also wohl 16 Mikrozoosporen in einer und derselben Mutterzelle zu keimen vermöchten, so hätte ich einigermassen noch zweifelnd vor Fig. 6 Taf. XXXV. stehen und an die Eventualität denken müssen, dass die Sporen, aus welchen jene Keimlinge hervorgingen, am Ende auch bloss zu 4 oder 8, und dann mit der fraglichen Cilienzahl 4 ausgestattet, entstanden sein könnten. Allein ich stiess bei meinen diesbezüglichen Beobachtungen mehrmals auf Ulothrixfaden, bei denen nebst zahlreichen entleerten Zellen auch mit Keimlingen erfüllte Mutterzellen vorhanden waren, in denen ganz evident mehr als 8 Sporen, also Mikrozoosporen in's Stadium des Keimens traten. So finden wir in Fig. 2 Taf. XXXV. ein Fadenfragment, in welchem bei z eine Mutterzelle von Keimlingen aus Mikrozoosporen strotzt. Ich habe dieses Fadenfragment unter dem Mikroskop so lange gedrückt, bis die Mutterzelle platzte, um die Anzahl der in ihr vorhandenen Keimlinge zu ermitteln. Bei verschiedenen Einstellungen (Fig. 3) konnten ganz leicht 10 Keimlinge fast vollständig, von 2—3 anderen noch kleinere Theile gesehen werden. Die Sporen, welche diesen Keimlingen das Dasein gaben, waren also wie die in den Zellen x x Fig. 2 degenerirten Zoosporen ganz evident Mikrozoosporen, also Geschlechtszellen, die aus Mangel an Freiheit sich nicht copulirten, aber trotzdem zu keimen vermochten. Vergleichen wir die auf Taf. XXXIV. Fig. 22 und 23 dargestellten Erscheinungen mit diesem Fadenfragment in Fig. 2

Taf. XXXV., so drängt sich unwillkürlich die Ueberzeugung auf, dass dieses Fragment zum grössten Theil — wenn nicht gar ausschliesslich Mikrozoosporen bildete, die aus den meisten Zellen entleert wurden und wohl in der grössten Mehrzahl eine Copulation eingingen, indess dieselben Gebilde in den Zellen x x und z gefangen blieben und ohne Weiteres zum Keimen genöthiget wurden oder absterben mussten (bei x x). Bei z′ finden sich in einer Mutterzelle noch zwei einzellige Keimlinge, die bereits ein langes hyalines Fussstück gebildet haben und — wie der Augenschein lehrt — ohne Zweifel aus zurückgebliebenen Mikrozoosporen hervorgingen. Also auch hier dieselben Erscheinungen: Ausschwärmen einer grössern Zahl von Mikrozoosporen zum Zwecke der Copulation und Zurückbleiben einiger weniger Mikrozoosporen in der Mutterzelle, also unterdrücktes und gehemmtes Schwärmen in der letzteren und daherige Keimung ohne Sexualakt.

Hier liegt die Vermuthung nahe, es könnten in der Mutterzelle die zurückgebliebenen Mikrozoosporen eine Copulation vollziehen und erst in Folge der geschlechtlichen Vereinigung jenen in der Mutterzelle vegetirenden Keimlingen das Dasein geben. Hiegegen sprechen folgende Momente:

1) Niemals, so oft ich die Geburt und die Copulation der Mikrozoosporen beobachtete, habe ich welche gesehen, die sich mit andern derselben Mutterzelle copulirt hätten. Immer macht sich in dieser Richtung bei Ulothrix zonata das „Gesetz der vermiedenen Selbstbefruchtung“ geltend.
2) Noch viel weniger habe ich an zurückgebliebenen Mikrozoosporen in der Mutterzelle selbst irgend welche Erscheinungen beobachtet, die eine Copulation angedeutet hätten. Zur geschlechtlichen Vereinigung zweier Mikrozoosporen bedarf es bei Ulothrix eines grössern freien Raumes zur ungehemmten Bewegung der Cilien, wie der Sporenkörper selbst. Der Raum einer nur theilweise entleerten Mutterzelle ist viel zu klein, als dass die zur Copulation nothwendigen Bewegungen der zurückgebliebenen Zoosporen ausgeführt werden könnten.
3) Das Schicksal der unter normalen Erscheinungen gebildeten Zygosporen, die niemals sich gleich unmittelbar nach der Copulation zu einem rasch heranwachsenden mehrzelligen Pflänzchen entwickeln, gestattet die Annahme nicht, dass in der Mutterzelle selbst eingeschlossene Zygosporen sich

anders verhalten sollten, als die normal gebildeten Produkte der Copulation. (Vergleiche den folgenden Abschnitt.)

4) Wenn eine Copulation zwischen Mikrozoosporen derselben Mutterzelle — und zwar innerhalb der letztern selbst — stattfände, so liesse sich gar nicht absehen, welchen Nutzen dieser Process für die Species haben sollte. Dagegen spricht alles bis jetzt über die Sexualität bekannt Gewordene.

Nach dem eben Mitgetheilten ergibt sich somit zur Evidenz: In der Mutterzelle zurückgebliebene, durch irgend welchen Umstand an der Entleerung und nachherigen Copulation verhinderte Mikrozoosporen vermögen zu keimen, ohne einen Sexualakt vollzogen zu haben.

Aehnlich verhält es sich mit solchen Mikrozoosporen, die normal geboren wurden und in normaler Weise schwärmten, aber aus irgend einem Grunde, meist wegen Abwesenheit anderer copulationsfähiger Mikrozoosporen eine Copulation nicht eingingen. Solche Mikrozoosporen runden sich während des Schwärmens — wenn es nicht schon vorher geschehen ist — ab, gelangen ganz ähnlich zur Ruhe, wie die glücklicheren Schwesterzellen, die mit einer andern Mikrozoospore eine Copulation vollzogen und setzen sich wie die Zygosporen am Grund des Wassers fest, so dass man oft mitten unter zahlreichen Zygosporen, die, zur Ruhe gelangt, eine Colonie bilden, auch eine grössere oder geringere Zahl von nichtcopulirten Mikrozoosporen finden kann, die nur Einen rothen Punkt besitzen und alsbald zu keimen beginnen (Taf. XXXVI. Fig. 5, Taf. XXXVII. Fig. 4). Dieser Keimungsprozess der Mikrozoosporen ist im Wesentlichen derselbe, wie bei den Makrozoosporen. Die nicht copulirte Mikrozoospore setzt sich mit dem hyalinen Vorderende, dem sogenannten Keimfleck, auf der Unterlage fest, worauf sie ihre zwei Cilien verliert und alsbald sich zu strecken beginnt. Das hyaline spitzere Vorderende der Mikrozoospore, der sogenannte Keimfleck, wächst gewöhnlich zu einem längeren oder kürzeren wurzelartigen Haftorgan aus, indess das Hinterende mit dem grünen wandständigen Plasma zum Scheitel des Keimlings wird und als solcher gestreckte Keulenform annimmt. Das Wurzelstück des Keimlings entbehrt des grünen Plasma's, vermag sich aber nicht selten zu verzweigen, so dass ein junger Faden, der aus einer Mikrozoospore hervorging, gar oft nicht bloss 1, sondern 2 wurzelartige Haftorgane besitzt (Taf. XXXV.

Fig. 7). Die Anordnung und Differenzirung des grünen wandständigen Plasmas des einzelligen Mikrozoosporen-Keimlings ist im Ganzen genommen dieselbe, wie bei den einzelligen Keimlingen der Makrozoosporen. Erst findet sich die Hauptmasse derselben am Scheitel des einzelligen Pflänzchens, wo auch leicht ein grösseres kugeliges Chlorophyllbläschen erkannt wird, das sich aus der umgebenden Plasma-Schicht abhebt. Hat der Keimling eine gewisse Länge erreicht, so zieht sich die Hauptmasse des chlorophyllhaltigen Plasmas als wandständiger Gürtel auf die Mitte der Zelllänge zurück und es tritt ein zweites Chlorophyllbläschen auf (Fig. 2 a und z, Taf. XXXV.). Dann bildet sich eine Querwand, welche den Keimling in zwei Zellen theilt, von denen jede einen wandständigen grünen Plasmagürtel besitzt, in welchem das kugelige Chlorophyllbläschen, umgeben von einer dickern Schicht dunkelgrünen Plasmas zu erkennen ist (Taf. XXXV. Fig. 1 a a).

Es ist ganz besonders hervorzuheben, dass die 2- und mehrzelligen Keimlinge aus Mikrozoosporen von bedeutend geringeren Dimensionen sind, als die Keimlinge aus Makrozoosporen. Auch sind die Zellen jener ersteren nicht bloss von geringerem Durchmesser, sondern auch von bedeutend geringerer relativer Länge. Sodann occupirt der grüne wandständige Plasmagürtel bei den Mikrozoosporen-Keimlingen relativ sehr lange Zeit die ganze Länge der cylindrischen Zellmembran (Fig. 1, Taf. XXXV.), so dass erst dann, wenn der Keimling bereits aus vielen Zellen zusammengesetzt erscheint, an den Querwänden farblose Zellpartieen auftreten, die nicht selten den Eindruck einer von wasserheller Flüssigkeit erfüllter Vacuole machen, welche durch die Querwand in zwei Partieen getheilt erscheint (Taf. XXXV. Fig. 4 a a, b, Fig. 7).

In der Folge theilt sich jede Zelle eines zweizelligen Keimlings durch eine Querwand; es entsteht ein 4-zelliges Pflänzchen, dessen Zellen sich dehnen und ebenfalls theilen, so dass die Mikrozoosporen-Keimlinge nach einander aus 1, 2, 4, 8, 16 und mehr Zellen zusammengesetzt erscheinen. Alle Zellen, in der Regel auch mit Einschluss der Fusszelle, verhalten sich bei diesem Theilungsprocess gleich und macht sich nur selten insofern ein Unterschied geltend, als die Fusszelle, wenn sie sich ganz besonders stark verlängert, und zwar bis auf das 10- und 20-fache des Durchmessers, dann aufhört, sich weiter zu theilen, ganz ähnlich, wie wir das auch bei den Keimpflanzen aus Makrozoosporen gesehen haben.

Erst wenn der Mikrozoosporen-Keimling eine beträchtliche

Länge erreicht hat, treten in den Zellen zwei und mehr Chlorophyllbläschen auf. Auch kann dann leicht ein farbloser oder grauer wandständiger Zellkern gesehen werden. In allen Fällen, wo ich mir über die untersuchten Faden Gewissheit verschaffen konnte, dass sie aus Mikrozoosporen hervorgingen, fand ich die Länge der vegetativen Zellen in der Regel um ein Beträchtliches kürzer, als den Durchmesser. Niemals fand ich junge Ulothrixfaden, die aus Mikrozoosporen hervorgingen und zugleich jene bedeutende Zelllänge erreicht hätten, wie die Abkömmlinge der Makrozoosporen, wo die vegetativen Zellen oft die mehrfache Länge des Querdurchmessers erreichen.

Wir gelangen also zu dem Schlussergebniss:

> Die vegetative Entwicklung der Mikrozoosporen-Keimlinge ist eine langsamere, das Längen- und Dickenwachsthum der Zellen solcher Faden ein weniger rasches, als bei den Makrozoosporen-Keimlingen.

Der umsichtige Mikroskopiker wird demnach bald im Stande sein, an der Hand vergleichender Beobachtungen von einer Gruppe junger Ulothrixfaden zu entscheiden, ob sie von Makro- oder von Mikrozoosporen abstammen. Dies gilt z. B. von jener in Fig. 4 d d, Taf. XXXVII. dargestellten Colonie von Mikrozoosporen-Keimlingen, die untermengt mit Zygosporen-Keimlingen (letztere sind einzellig, vergleiche folgenden Abschnitt) sich am Grund eines Tellers festgesetzt hatten und innerhalb 14 Tagen sich erst zu 4- 8- und mehrzelligen Faden entwickelten. Dort sehen wir, dass der grüne Plasmagürtel fast die ganze Cylinderwand bekleidet.

Die weitere Entwicklung der Keimpflanzen aus den Mikrozoosporen gestaltet sich nun meistens folgendermassen: Bis der Faden eine beträchtliche Länge erreicht hat, erscheint er seiner ganzen Länge nach gleich dick, dann aber beginnt ein rascheres Dickenwachsthum der Art, dass die Produkte einer vegetativen Mutterzelle tonnenförmig anschwellen,* indess sich neue Querwände bilden, während die ältern Querwände in ihrer Ausdehnung mit dem Dickenwachsthum des Fadens nicht gleichen Schritt halten, sondern zurückbleiben; dadurch wird der Faden gegliedert. Je nachdem sich nun die Zelltheilungen rascher oder langsamer folgen, erscheint jedes Glied entweder aus zwei, drei, vier, 6, 7, 8 bis 16 Zellen zusammengesetzt. Ich habe diese Stadien der Entwicklung unter dem Fadentypus f. im ersten Abschnitt oben be-

schrieben und dort auf die betreffenden Figuren (Taf. XXXI.) aufmerksam gemacht. Auf diesem Punkte angelangt, kann die Zoosporenbildung in den genannten Abkömmlingen von Mikro-Zoosporen eingeleitet werden; dann resultiren jene unter Typus b beschriebenen Ulothrixfaden, welche vorwiegend (ob ausschliesslich? wage ich nicht zu entscheiden) wieder Mikrozoosporen bilden. Es ist nicht zu verhehlen, dass es auch Ulothrixfaden gibt, welche sehr wahrscheinlich aus Mikrozoosporen hervorgingen und selbst wieder Zoosporen bilden können, ohne vorher das Stadium des Gegliedertseins durchzumachen. Ein solcher Faden ist in Fig. 19a und b Taf. XXXIV dargestellt. Dieses schmächtige Individuum besitzt einen sehr geringen Durchmesser und entlässt bereits reife Mikrozoosporen, ohne die geringste Andeutung einer Gliederung erkennen zu lassen. Es bleibt deshalb die Frage noch offen, ob Abkömmlinge nicht-copulirter Mikrozoosporen bloss wieder Mikrozoosporen, oder aber auch Makrozoosporen, also beiderlei Zoosporen zugleich bilden können, wie ich das bei Abkömmlingen von Makrozoosporen constatirt habe. Eines scheint mir ganz gewiss zu sein, dass Faden, die aus Mikrozoosporen hervorgingen, nicht ausschliesslich Makrozoosporen bilden können. Dagegen sprechen alle Erscheinungen des Generationswechsels, von welchem in einen folgenden Kapitel die Rede sein wird.

Die Keimlinge aus Mikrozoosporen besitzen in allen den Fällen, wo die Zoospore vor der Keimung schwärmte, einen hyalinen längern oder kürzern Fuss, während jene, die aus gefangen gebliebenen Mikrozoosporen hervorgehen, also in der Mutterzelle keimen und lebendig geboren werden, sehr oft des Fusses entbehren, so dass dann ein Gegensatz zwischen Basis und Scheitel am Faden nicht zu erkennen ist (Taf. XXXV. Fig. 2, 3, 4 und 6). In letzterem Falle heften sich die Keimlinge auch nicht an eine Unterlage, sondern bleiben so lange in den Mutterzellen stehen, bis diese nach erfolgtem Platzen unter dem weitern Wachsthum der lebendig gebornen Nachkommenschaft schliesslich zu Grunde gehen, wobei die fusslosen Keimlinge entweder vom fliessenden Wasser weiter geführt oder in schwimmende Watten anderer Algen verstrickt werden, in welch letzterem Falle ihre Weiterentwicklung und Vermehrung gesichert ist, indess im erstern Falle der Zufall bei der Reise ähnlich wie beim Schicksal der fortgeschwemmten Zoosporen den Ausschlag giebt.

Ich habe schliesslich noch zu constatiren, dass man bei der

Untersuchung von Ulothrix zonata nicht selten auf Mikrozoosporen stösst, die nach längerem oder kürzerem Schwärmen zur Ruhe gelangend, nicht keimen, sondern alsbald zu Grunde gehen Ebenso trifft man häufig verkümmernde Keimlinge aus Mikrozoosporen (Fig. 1bbb. Taf. XXXV.), die nicht einmal zur Bildung einer Querwand gelangen, sondern nach erfolgter Streckung der Zelle degeneriren. Es tritt dies am häufigsten bei der Untersuchung von im Zimmer gezüchteten Algen ein, wo gar oft die Mikrozoosporen unter anormalen Verhältnissen zur Entwicklung und Entleerung gelangen; denn hier ist die Möglichkeit sehr nahe gelegt, dass sogar unreife oder den Keim des Todes in sich tragende Zoosporen durch äussere Agentien zur Entleerung und zum nachherigen Schwärmen forcirt werden. Ich habe oft Zoosporen auftreten und schwärmen sehen, die so schwächlich entwickelt waren, dass ihre Bewegungen von Anfang an einen krankhaften Zustand erkennen liessen. In vielen Fällen sieht man solche Zoosporen nur nachlässige Versuche zur Copulation anstellen, so dass wir nicht überrascht sein werden, wenn wir da und dort nichtcopulirte Mikrozoosporen antreffen, die der Verwesung anheimfallen.

Damit soll nicht gesagt sein, dass es nicht normal entwickelte Mikrozoosporen geben kann, die nach regelrechtem Schwärmen zur Ruhe kommen, ohne zur Keimung zu schreiten. Es ist ganz leicht der Fall gedenkbar, dass 32 und mehr Mikrozoosporen in einer dicken Fadenzelle entstehen, die nach erfolgter Geburt zum grössten Theil sich copuliren, während eine geringe Anzahl derselben den Copulationsakt verfehlte, zur Ruhe gelangt und wegen der geringen Grösse nicht keimt, oder nach einem Keimungsversuch verkümmert, indess die glücklicheren, obschon nicht besser ausgestatteten von den 31 oder mehr Geschwistern in Folge eingegangener Copulation zur Fortpflanzung gelangen. Uns genügt die Gewissheit, dass copulationsfähige Mikrozoosporen im Stande sind, auch ohne Copulation neuen Individuen das Dasein zu geben.

Je nach der Grösse und dem relativen Gehalt an chlorophyllhaltigem Plasma der Mikrozoosporen ist die Entwicklung der aus ihnen hervorgehenden Keimpflänzchen eine langsamere oder schnellere, eine schwächliche oder kräftige. Vergleichen wir die Entwicklungsfähigkeit und Lebenskräftigkeit der aus den vielerlei Mikrozoosporen hervorgehenden Keimpflänzchen, so werden wir an der untern Grenze, bei sehr kleinen Mikrozoosporen, bloss

einem Keimungsversuch begegnen, der es nicht einmal bis zur Bildung einer Querwand (einmalige Zelltheilung) in der langgestreckten Keimzelle zu bringen vermag, während wir an der obern Grenze, bei relativ grossen, chlorophyllreichen Mikrozoosporen nach verfehlter Copulation eine Entwicklungs- und Lebenskräftigkeit wahrnehmen, die derjenigen beinahe oder ganz gleich kommt, die wir in der Regel nur an Makrozoosporen und deren Keimlingen wahrnehmen. Die Abstufungen zwischen diesen beiden Extremen einerseits und zwischen der Entwicklungsfähigkeit der Mikro- und Makrozoosporen anderseits sind so unmerklich, dass eine scharfe Grenze zwischen beiderlei Keimlingen, aus Makro- und Mikrozoosporen, aus geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Zellen, kaum zu erkennen sein wird.

VIII. Schicksal der Zygosporen bis zur Ruheperiode.

(Untersuchungsresultate vom Frühjahr und Sommer 1875.)

Die älteste mir zu Gesicht gekommene bildliche Darstellung von Zygosporen unserer Ulothrix zonata findet sich in Kützing's Phycologia generalis 1843 auf Taf. 9 Fig. 1, wo der verdiente Algologe eine Gruppe von jungen Ulothrixfaden darstellt, die er als besondere Species, Ulothrix tenerrima, auffasst. Nach meiner Ansicht — und hierfür sprechen nicht bloss die Zeichnungen, sondern auch die zugehörigen Stellen des Textes von Kützing — hat jener Autor nichts Anderes, als eine Colonie von Keimpflanzen dargestellt, die aus nicht copulirten Mikrozoosporen von Ulothrix zonata hervorgingen; am Grunde dieser jungen Ulothrixfaden finden sich nun aber auch kugelige, festsitzende Gebilde, die sich uns als Zygosporen von Ulothrix zonata repräsentiren. Freilich deutet Kützing diese „protococcusartigen Kügelchen" anders, nämlich als Vorstufen oder Anfangsstadien von Stigeoclonium stellare, welche Kügelchen nach Kützing öfters auch in Gesellschaft von Ulothrix tenerrima vorkommen sollen. Diese „protococcusartigen Kügelchen" gehören weder einer besonderen Ulothrix-, noch einer Stigeoclonium-Species an. Auch scheint mir Figur 4 der Kützing'schen Tafel 9 nichts Anderes zu sein, als eine Colonie mit einander verklebter, dicht neben einander liegender Zygosporen von Ulothrix zonata, keineswegs aber Anfänge zu Stigeoclonium

stellare. Man vergleiche nur einmal diese Figur 4 der genannten Kützing'schen Tafel mit meiner Tafel XXXVII. und man wird finden, dass die ausgesprochene Vermuthung nahe liegt. Dagegen fehlt der Kützing'schen Tafel 80, welche ganz ausschliesslich unserer Ulothrix zonata gewidmet ist, jede Andeutung von Zygosporen.

Nägeli hat in seinen „Neuern Algensystemen" 1847, Taf. I. Fig. 47 und 48 Zoosporen von Ulothrix zonata dargestellt, die schon einige Zeit frei im Wasser gelegen haben. Seine Fig. 47 stellt wahrscheinlich zur Ruhe gelangte Zoosporen dar, während Fig. 48 ebenso wahrscheinlich eine Zygospore darstellt, da sie „zwei dicht neben einander liegende rothe Punkte" besitzt. Allerdings ist die gegenseitige Stellung dieser rothen Punkte eine uns ganz abnorm erscheinende.

Ganz evident finden wir aber in der Arbeit Areschoug's: Observationes Phycologicae, Part. prima de Confervaceis nonnullis" (Upsaliae 1866) auf Taf. I. Fig. 9 schon ziemlich stark entwickelte Zygosporen einer Ulothrichee (Hormiscia penicilliformis) bildlich dargestellt, allerdings, wie leicht begreiflich, wiederum nicht als Zygospore, sondern als zur Ruhe gelangte Mikrozoosporen gedeutet („Mikrozoosporae membrana cellulari vestitae filoque plantae adnexae aut liberae").

Richtig gedeutet und als Zygosporen mit zwei rothen Pigmentflecken finden wir dieselben Objecte in der zweiten Arbeit Areschoug's: „Observ. Phycol. Part. secunda, Upsaliae 1874" Tab. I Fig. 6 dargestellt. In Fig. 6a gibt dieser Autor die von oben betrachteten eben zur Ruhe gelangten Zygosporen, in Fig. 6b dagegen degenerirende Zygosporen, deren Inhalt contrahirt, die Membran dagegen aufgequollen erscheint.

Weder Cramer (Entstehung und Paarung der Schwärmsporen von Ulothrix — Vierteljahrsschr. der naturf. Gesellsch. zu Zürich, Bd. XV. und bot. Zeitung 1871, No. 5 und 6) noch Areschoug waren im Falle, über das Schicksal der Zygosporen von Ulothricheen weitere Mittheilungen zu machen, als dass sie — zur Ruhe gelangt — zwei rothe Punkte erkennen lassen. Aus Areschoug's Mittheilungen (l. c.) geht indess auch hervor, dass die Zygosporen seiner Hormiscia penicilliformis nach einigen Tagen sich mit einer Membran bekleiden. Auf Taf. II. in seinen Observationes Phycologicae Part. sec. gibt Areschoug in Fig. 14 die Darstellung einiger Keimlinge von Cladophora sericea, bei welcher er die Copulation der Mikrozoosporen beobachtet hat. Seine Angabe, es

seien diese Keimlinge Zygosporen, gibt er selbst mit grosser Reserve; bei der Erklärung der Tafeln setzt er hinter das „Zygozoosporae“ ein (?). Da ich die betreffende Alge bis jetzt nicht untersucht habe, folglich über das Aussehen der ungeschlechtlich erzeugten Zoosporen-Keimlinge und der Zygosporen aus eigener Anschauung keine Vorstellung habe, so wage ich auch nicht zu entscheiden, ob diese Objekte der Areschoug'schen Fig. 14 Taf. II wirkliche Zygosporen gewesen sind. Aus der Vergleichung derselben mit den entsprechenden Gebilden von Ulothrix zonata bin ich geneigt, den Schluss zu ziehen, dass Areschoug dort in der That Zygosporen und nicht Zoosporen-Keimlinge vor sich gehabt hat.

Auffallend und nach meiner Ansicht für die natürliche Stellung von Ulothrix und anderen Chlorozoosporen von grosser Bedeutung ist der Umstand, dass aus Areschoug's Darstellung von keimenden Zygosporen der Enteromorpha compressa in Fig. 18 der gleichen Tafel hervorgeht, dass die Zygosporen dieser Alge beim Keimen ganz ähnliche Erscheinungen bieten, wie die von mir zuerst untersuchten Zygosporen von Ulothrix zonata. Es ist sehr zu bedauern, dass der treffliche schwedische Algologe es unterlassen hat, die Zygosporen jener Algen, bei denen er die Copulation entdeckt und beschrieben, weiter zu verfolgen und ihre fernere Entwicklung abzuwarten.

Es schien desshalb bei meiner Untersuchung dringend geboten, dieser Frage ganz besondere Aufmerksamkeit zu widmen. In der That haben denn auch die Zygosporen und ihr Verhalten während 12½ auf einander folgenden Monaten den grössten Theil meiner freien Zeit in Anspruch genommen. Ich habe im Frühjahr und Sommer 1875 in vier verschiedenen Tellern Zygosporen verschiedenen Datums während 100 bis 140 Tagen sorgfältiger Behandlung in ihrer Weiterentwicklung verfolgt und nebenbei auch von geeigneten Fundorten die analogen Objekte auf ihr Verhalten in freier Natur, in Brunnen- und Flusswasser untersucht und bin nun im Falle, darüber Folgendes mittheilen zu können, was sich mit wenigen Ausnahmen (Fig. 25. Taf. XXXIV, Fig. 5. Taf. XXXVI, Fig. 16. Taf. XXXVII) auf die Figuren in meiner Tafel XXXVII und XXXVIII bezieht.

Wie in einem vorhergehenden Abschnitt bereits hervorgehoben wurde, setzen sich die Zygosporen mit dem hyalinen Ende ihres birnförmigen Körpers fest. Jener hyaline Pol entspricht den

homologen Gebilden der einzelnen Zoosporen, es ist der sogen. Keimfleck, an welchem die Copulation, das heisst die geschlechtliche Verschmelzung der zwei gleichartigen Mikrozoosporen, ihren Anfang nimmt. Der hyaline Keimfleck der zur Ruhe gelangten Zygospore repräsentirt die vereinigten Keimflecke der zwei copulirten Mikrozoosporen und er verhält sich in der Folge auch analog dem Keimfleck aller Zygosporen, das heisst er wird zum Basalpunkt des neu erzeugten Individuums, indess der gegenüber liegende Pol, welcher die vereinigten Chlorophyllmassen der hintern Partieen der ursprünglichen Mikrozoosporen enthält, zum Scheitelpunkt des vegetativen, assimilirenden Körpers wird, und nach oben strebt.

Da sich die aus den Mutterzellen entleerten Mikrozoosporen unmittelbar nach dem Beginn des Schwärmens copuliren, da ferner mit dem Beginn der Copulation die Ortsbewegung eine langsamere wird, um alsbald in's Stocken zu gerathen, da ferner die Zygosporen specifisch schwerer sind als das Medium, in dem sie sich bewegen, so erklärt sich leicht, warum die zur Ruhe gelangten Zygosporen in stillliegendem Wasser stets am Grunde sich ansammeln und dort ganze Haufen, dichte Colonieen bilden, die mit unbewaffnetem Auge betrachtet sich als lebhaft grüne Flecken von kreisrundem Umriss repräsentiren. Mit der Präparirnadel lassen sich leicht ganze Colonieen vom Porcellanteller abheben und in unversehrtem Zustande unter dem Mikroskop betrachten. Sehr bald wird man zur Ueberzeugung kommen, dass alle Zygosporen mit ihrem Keimfleck abwärts, gegen den Grund des Tellers, mit dem abgerundeten grünen Pol dagegen aufwärts gekehrt sind. Von oben betrachtet erscheint daher eine solche Zygosporen-Colonie immer als aus kugeligen Zellen zusammengesetzt, die 1—2 Tage nach der Copulation seitlich zwei rothe Flecke und häufig auch die zwei grünen Plasmaportionen erkennen lassen, welche den ursprünglich getrennten Mikrozoosporen entsprechen. Nur da, wo die Zygosporen beim Uebertragen auf den Objektträger aus ihrer natürlichen Lage gebracht werden, sind sie — von der Seite betrachtet — als von eiförmiger oder birnförmiger Gestalt zu erkennen (Fig. 5. Taf. XXXVI und Fig. 1. Taf. XXXVII). Ich habe nicht selten Zygosporen-Colonieen gesehen, bei denen die einen und andern Zygosporen noch etliche zuckende Bewegungen ausführten. Immer fand ich, dass die einzelnen Individuen sich stets gesetzmässig so an die schon festgesetzten anlehnen, dass sie mit dem Keimfleck

nach unten gerichtet sind, mit den Seiten dagegen andere benachbarte Zygosporen berührten. Selbst isolirte Zygosporen, die ursprünglich auf dem Objektträger in horizontale Richtung umgelegt waren, richten sich — sofern sie hiezu Raum genug finden — auf, dass das hyaline Ende (der Keimfleck) dem Objektträger zugekehrt ist, während der grüne, kugelig abgerundete Hintertheil der Zygospore gegen das Deckgläschen anstrebt, eine Erscheinung, wie sie auch die keimenden Makrozoosporen und die nicht copulirten Mikrozoosporen zeigen. Dabei bekommt der Beobachter unwillkürlich den Eindruck, als sei die den Keimfleck tragende Partie aller Zoo- und Zygosporen specifisch schwerer, als der chlorophyllhaltige Hintertheil des zur Ruhe gelangten Objektes.

Die Zygosporen beginnen, sobald sie sich festgesetzt haben, zu wachsen. Schon in den ersten 24 Stunden verlängert sich der hyaline Keimfleck der Art, dass er ein kurzes, kegelförmiges Haftorgan bildet, indess der grüne Hintertheil der Zygospore sich vollends kugelig abgerundet und anschwillt (Taf. XXXVI Fig. 5). Die beiden rothen Pigmentflecke sind nach 24 Stunden noch leicht erkennbar, ebenso die zwei seitlich gelegenen grünen Plasmapartieen der ursprünglichen zwei Mikrozoosporen (Taf. XXXVII Fig. 1).

Zwei Tage nach der Copulation sind dagegen die rothen Pigmentflecke erblasst; auch verwischen sich die scharfen Grenzen der zwei chlorophyllhaltigen Plasmapartieen der Art, dass nach 68stündiger Ruhe die Zygosporen nur noch in seltenen Fällen die Plasmaportionen der ursprünglichen Mikrozoosporen erkennen lassen (Taf. XXXVII Fig. 2). Dabei wird der plasmatische grüne Inhalt feinkörnig und vertheilt sich derselbe durch den ganzen kugelförmigen Obertheil der Zygospore gleichmässig. Man kann auch nicht selten in der einen und der andern Zygospore ein oder zwei grössere Chlorophyllbläschen erkennen, die von dichtern grünen Plasmamassen umgeben sind. Die letzte Andeutung einer ursprünglichen Trennung der zwei grünen Plasmaportionen gibt sich nach 68stündiger Ruhe an einzelnen Zygosporen noch durch eine helle Linie zu erkennen, die vom Scheitel der kugeligen Partie gegen den Keimfleck verläuft, rechts und links von dieser Linie liegen die wandständigen dichtern Plasmamassen, die sich am Scheitel der Zygospore, d. h. am früheren Hinterende, vereinigen (Taf. XXXVII Fig. 2bb) und in ihrem Gesammtumriss eine Hufeisenform repräsentiren. Auf diesem Entwickelungsstadium angelangt, ist an der Zygospore nicht allein eine beträchtliche Grössenzunahme zu constatiren, sondern auch eine

deutliche Cellulose-Membran sichtbar (Taf. XXXVII Fig. 2). Da die Zygosporen von Anfang an in der Colonie dicht neben einander liegen, so werden sie bei ihrer Grössenzunahme oft gegenseitig abgeplattet (Taf. XXXVII Fig 4 b und Fig. 5, 8, 13), so dass sie in manchen Fällen ein parenchymatisches Scheingewebe oder eine dichtgeschlossene Zellfläche darstellen. Meistens aber, und das ist immer der Fall, wenn sie sogar haufenweise oder in Schichten über einander liegen — bildet die eine und die andere Zygospore ein langes wurzelartiges dünnes Haftorgan, welches zwischen den benachbarten grünen Zygosporen fortwachsend den kugeligen Theil mit dem chlorophyllhaltigen Plasma über das Niveau der Umgebung heraushebt, so dass die ursprünglich in einer Ebene liegenden grünen Zygosporenkörper derselben Colonie nach und nach in einen halbkugeligen Raum zu stehen kommen. (Taf. XXXVII Fig. 4).

Je gedrängter und enger der Raum, desto stärker entwickelt sich das wurzelartige Haftorgan der Zygospore (Vergl. Taf. XXXVII Fig. 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12 und 15). Eine Vergleichung der auf Tafel XXXVII dargestellten Figuren wird sofort zu dem Schluss führen, dass diese wurzelartigen Haftorgane auch die Fähigkeit haben, sich der Umgebung und der Unterlage anzupassen. Wir finden dort nicht allein alle mögliche Verschrenkungen, Biegungen, Anschwellungen, Verjüngungen, sondern auch alle möglichen Längen des Rhizoids. Am auffallendsten erscheint die Länge des Wurzeltheiles der Zygosporen dann, wenn letztere zwischen Keimlingen aus Makro- und Mikrozoosporen ihr erstes Dasein fristen müssen, daher genöthigt werden, aus der drängenden Umgebung sich heraus zu arbeiten, wenn sie Raum und Licht zur weiteren Entwicklung erhalten sollen (Vergl. Fig. 4). Am schwächsten ist dagegen das Rhizoid der Zygosporen dann entwickelt, wenn diese letzteren isolirt oder am Rande der Colonie stehen, wie das bei den meisten in Taf. XXXVII dargestellten der Fall war. Da treffen wir dann nicht selten Zygosporen, die durchaus eine birnförmige Gestalt besitzen, deren verjüngte Partie nur eine hyaline Warze anstatt eines entwickelten Rhizoides trägt, während in den anderen Fällen das wurzelartige Haftorgan ein haarähnliches Gebilde darstellt, dessen Länge das 2-, 3- bis 10fache des Querdurchmessers der grünen Zygospore ausmacht. (Man vergleiche namentlich Fig. 11, 13 und 15 in Taf. XXXVII).

Zehn bis zwölf Tage nach der Copulation haben die Zygosporen ihre Dimensionen beinahe verdoppelt, der grüne Inhalt ist fein-

körnig und lässt in jeder Zygospore zwei, seltener auch 3 grosse Chlorophyllbläschen deutlich hervortreten (Taf. XXXVII Fig. 3). Von da an verändert sich der Inhalt in den nächsten paar Monaten nicht wesentlich, ausgenommen, dass schon 17 Tage nach der Copulation keine Chlorophyllbläschen mehr zu erkennen sind. Unter stetigem langsamen Wachsen erreicht die Zygospore in den ersten 7—10 Wochen eine Grösse, welche die ursprünglichen Dimensionen um das 4—6fache übertrifft. Der plasmatische Inhalt bleibt lebhaft grün; er ist feinkörnig, die Körnchen werden aber nach und nach grösser, während die Cellulose-Membran allmählig sich in verschiedene Schichten differencirt und zwar unter fortwährender Dickenzunahme (Fig. 9—15 Taf. XXXVII). Die Schichtung der Membran wurde von mir zum ersten Male an 48 Tage alten Zygosporen beobachtet. Die äusserste Membranschicht der Zygospore erschien mir bei guter Beleuchtung immer röthlich, während die innere Schichte bläulich schimmerte. Auffallend ist der Umstand, dass sich keine dieser Membranschichten in das hyaline Wurzelstück hinein verfolgen lässt. Die Schichtung kann nur an jenen Membrantheilen der Zygospore beobachtet werden, welche mit dem chlorophyllhaltigen Plasma in direkter Berührung stehen. Das Rhizoid der Zygospore erscheint als solider homogener Körper.

An den in vier verschiedenen Tellern gezüchteten Zygosporen, die von der 3. u. 4. Woche des Monats März datirten und die ich während des ganzen Frühjahrs bis in den heissen Sommer täglich mit frischem Wasser speiste, um im Verlauf von 20 Wochen ca. 40 Tafeln über die verschiedenen Entwicklungsstadien aufzunehmen, konnte ich nur während der ersten 8—10 Wochen ein allmähliges stetes Wachsthum constatiren. Von da an unterblieb eine merkliche Grössenzunahme. Mit dem Eintritt der langen und heissen Sommertage sistirten die Zygosporen ihr Wachsthum vollends, blieben aber lebhaft grün und augenscheinlich **sehr** wohl. Ich habe in Fig. 14 am 6. August Zygosporen gezeichnet, die 142 Tage alt waren und noch kein Merkmal von Degeneration oder anderweitigen Veränderungen erkennen liessen. Die weitere Verfolgung dieser oder anderer Zygosporen von Ulothrix zonata musste ich damals wegen $2\frac{1}{2}$ monatlicher Abwesenheit der ferneren Zukunft vorbehalten. Es war indess voraus zu sehen, dass eine Veränderung erst mit dem Saison-Wechsel bei eintretendem Winter oder möglicherweise auch erst gegen das Frühjahr zu beobachten sein werde. Ich bemerke noch, dass die hier gegebene Darstellung der ersten

Entwicklung der gezüchteten Zygosporen den normal in der freien Natur stattfindenden Veränderungen entspricht; das erhellt auch aus den Untersuchungen, die Fräulein *Carolina Port* an Zygosporen von Ulothrix unternahm, welche von Fundstellen herrührten, wo im Frühjahr vorher viele Ulothrixfaden anzutreffen waren. In Fig. 15 Taf. XXXVII finden sich drei von dieser meiner Schülerin gezeichnete Zygosporen aus dem Brunnenbett des Universitätshofes dargestellt. Diese Zeichnung datirt von Mitte Juni und stellt ausser Zweifel, dass die Zygosporen von Ulothrix zonata nicht blos bei Zimmer-Cultur, sondern auch im kalten Brunnenwasser unter den manigfaltigsten äussern Einflüssen der freien Natur die oben geschilderten Entwicklungsphasen durchmachen. Ich constatire also:

Die Zygosporen von Ulothrix zonata sitzen wie andere zur Ruhe gelangende Zoosporen mit dem hyalinen Keimfleck fest; sie wachsen sofort nach ihrer Entstehung zu einem mit längerem oder kürzerem wurzelartigem Haftorgan (Rhizoid) versehenen einzelligen Pflänzchen aus, an dem wir nicht allein eine Differenzirung in zwei wesentlich verschiedene Organe, sondern auch einen Gegensatz von Oben und Unten, Basis und Scheitel, eine Beziehung der Wachsthumsrichtung zur Schwerkraft und zum Licht erkennen können.

Es lässt sich voraussehen — ich lasse hier wörtlich folgen, was ich ich *vor* meiner Abreise und *vor* der Abgabe des Manuskriptes im Sommer 1875 in diesem Aufsatz niedergeschrieben — dass die Zygosporen von Ulothrix zonata, die wir ohne Zweifel als eine geschlechtlich erzeugte Generation einzelliger Pflänzchen aufzufassen haben, sich in der Folge als *geschlechtslose* (vermuthlich als Schwärmsporen bildende) Individuen erweisen werden. Ich hoffe, dass es mir in nicht allzuferner Zeit gelingen wird, auch diesen letzten Punkt aufzuhellen, wobei ich allerdings nicht verhehle, dass dazu nicht minder als wie zur Abklärung der bereits behandelten Fragen der glückliche Zufall mitwirken muss. In allen Fällen erachte ich es als sehr opportun, die bereits gewonnenen Resultate den Biologen vorzulegen, um durch dieselben die Lösung anderer verwandter Fragen theils anzuregen, theils ermöglichen zu helfen. Sollte es mir nicht gelingen, das letzte Verhalten der Zygosporen endgültig zu erforschen, so wird doch durch die bereits gewonnenen Resultate, welche die *Hauptumrisse der Entwicklungsge-*

schichte von Ulothrix zonata darstellen, dieser oder jener Mikroskopiker — sofern sich ihm das erwünschte Material darbietet — dazu animirt werden, die kleine Lücke durch anderweitige Forschungen für diese oder jene Ulothrixform auszufüllen.

Schliesslich habe ich noch ein Wort über die von Pringsheim beobachteten „Ruhesporen“ hinzuzufügen. In seiner Arbeit „über die Dauerschwärmer des Wassernetzes (Monatsber. d. k. preuss. Acad. d. Wiss. zu Berlin 1860) berichtet Pringsheim: „In der Gattung Ulothrix sind es fast alle Zellen der Pflanze, welche Ruhesporen bilden. In jeder Zelle entsteht eine einzige grosse Ruhespore, welche die Zelle ganz erfüllt und durch ihr fortschreitendes Wachsthum ausdehnt. Gleichzeitig treten in dem Inhalte und an den Membranen der Zellen jene Veränderungen auf, welche eine bevorstehende Pause in der Entwicklung derselben andeuten. Hiermit ist häufig die Abscheidung eines Sekretes, welches sich auf der äussern Fläche des Fadens ablagert und den Scheidewänden anklebt, verbunden. In Folge dieser Vorgänge erhält der Ulothrixfaden ein ganz fremdartiges Ansehen; seine Glieder gewinnen bedeutend an Umfang, hierdurch tritt seine Gliederung meist stärker hervor; endlich zerfällt der Faden nach und nach in die einzelnen Sporen, welche noch immer von der eng anliegenden Membran ihrer Mutterzelle umhüllt sind.“ —

Während meiner Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte von Ulothrix zonata traf ich auf keinerlei Faden, die mich vermuthen liessen, dass ich es mit den oben von Pringsheim beschriebenen Ruhesporen enthaltenden Faden zu thun habe. Ich bekenne daher, dass mir diese Ruhesporen-Bildung nach Pringsheim'scher Darstellung völlig fremd erscheint. Ich kenne keine andern Ulothrixfaden als solche, welche entweder 1, oder 2 oder 4 Makrozoosporen, oder aber 8, 16, 32 oder mehr Mikrozoosporen in jeder Mutterzelle bilden. In allen diesen Fällen sind diese Zoosporen ursprünglich zum Schwärmen bestimmt. Nur zufällige Hindernisse können das Schwärmen unterdrücken und dann geben diese geschlechtlichen oder ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen — in der Mutterzelle eingeschlossen — entweder nach kurzer Zeit zu Grunde, oder sie keimen und sprengen als junge Ulothrixfaden die Mutterzellmembran kurz nach den ersten Zelltheilungen der keimenden Zoospore. Es sind mir keinerlei andere Fortpflanzungszellen als Makro- und Mikrozoosporen zu Gesicht gekommen. In den durch Copulation entstehenden Zygosporen haben wir nicht

mehr Fortpflanzungszellen im engern Sinne des Wortes vor uns, sondern die Produkte eines geschlechtlichen Processes aus den copulirten Mikrozoosporen, eine sofort keimende neue Generation, die im vegetativen Zustand aus 1zelligen Pflänzchen besteht. Diese Zygosporen-Generation ist unverkennbar das Analogon für die „Dauerschwärmer des Wassernetzes" (Pringheim), nicht minder als das homologe Gebilde aus der Copulation von Pandorina Morum (Pringsheim) oder von Chlamydomonas (Rostafinsky, bot. Zeitung 1871. pag. 787) oder als die Zygosporen von den bekannten Conjugaten und den sogenannten Zygomyceten. Das, was Pringsheim vor Jahren („Ueber die Dauerschwärmer des Wassernetzes") hinter seinen Ruhesporen von Ulothrix vermuthete, ist, wie ich glaube, in den oben beschriebenen wachsenden Zygosporen, die mit Wurzel und assimilirenden Vegetationskörper ausgestattet sind, gefunden. Wohl dachte ich daran, dass der in Fig. 16, Taf. XXXVII. dargestellte, ganz abnorm entwickelte Faden von Ulothrix zonata, den ich durch eine 100-tägige Zucht in einem Teller erhalten hatte, vielleicht das Analogon für die von Pringsheim geschilderten Faden mit Ruhesporen sein könnte, allein ich constatire, dass dieser Faden durchaus keine Sporen in seinen Zellen enthält, wohl aber lebendiges, lebhaft grünes Plasma in unregelmässigen Klumpen, Plasma, das ohne Zweifel assimilirt und den einzelnen Zellen ermöglichet, solch monströse Gestalten anzunehmen, wie sie in Fig. 16 zur Darstellung kamen. Ich kann nicht glauben, dass Faden solchen Charakters, wie sie den Sommer über da und dort angetroffen werden, Ruhesporen bilden. Indess will ich weiteren Untersuchungen über diesen Punkt nicht vorgreifen, sondern die Frage noch offen lassen, was mir um so eher angezeigt erscheint, da Ciencowski in der Bot. Zeitung 1876 No. 2 und No. 6 einen „Palmellen-Zustand bei Stigeoclonium" beschreibt, welcher die Vermuthung nahe legt, dass auch bei Ulothrix ähnliche Erscheinungen stattfinden könnten. Wenn dies der Fall wäre, was neue Untersuchungen zu ermitteln haben, so geschieht dies jedenfalls nur ausnahmsweise, ich möchte sagen, als Abnormität, was ich heute, nachdem mir der ganze Entwicklungs-Cyclus von Ulothrix zonata klar vor Augen liegt, (siehe nächstfolgendes und Schlusskapitel) zuversichtlich schliessen darf.

Es mag schliesslich, bezugnehmend auf die letztberührte Frage, am Platz sein, auch die Arbeit von Cornu, De la fécondation chez les algues et en particulier chez l'Ulothrix seriata (Bull.

de la soc. bot. 1874 pag. 72), wo von einer sonderbaren Chronosporen-(Dauersporen)-Bildung die Rede ist, in Erinnerung zu bringen. Dabei wird sich wohl auch herausstellen, wie es bei dieser Chronosporenbildung, die Cornu als Copulationsakt auffasst, in Wirklichkeit zugeht.

IX. Die Entwicklung der Zygosporen nach der Ruheperiode.

(Untersuchungs-Resultate vom Spätjahr 1875 und Anfang 1876).

Noch vor der Publication der vorliegenden Arbeit ist es mir ermöglicht worden, die Resultate meiner weiteren Untersuchungen über die Zygosporen von Ulothrix zonata im Nachfolgenden als besondern Abschnitt und mit Hinzufügung einer achten Tafel (XXXVIII.) der schon im Sommer 1875 abgefassten Abhandlung beizugeben. Ich verdanke an dieser Stelle das mir hiebei gewordene freundliche Entgegenkommen von Seite des Herausgebers der Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Herrn Prof. Dr. N. Pringsheim, der sich um die Publikation meiner Arbeit ganz besonders verdient gemacht, nicht minder die anerkennenswerthe Bereitwilligkeit des Herrn Verlegers, Herrn Wilhelm Engelmann, welcher die künstlerische Ausstattung der Tafeln und die Drucklegung meiner nachträglichen Zusätze so freundlich besorgen liess. Auch verdient Herr C. Laue, Lithograph in Berlin, für die ausgezeichnete Behandlung der colorirten Tafeln, von denen mir zur Stunde, da ich dieses schreibe, bereits die ersten 7 vollendet vorliegen, meine volle Anerkennung.

Als ich im August 1875 für etliche Monate von meinen Untersuchungsobjekten, den gezüchteten Zygosporen, deren letztes Stadium damaliger Entwicklung in Fig. 14. Taf. XXXVII. dargestellt ist, Abschied nehmen musste, übergab ich die gesunden, lebenskräftigen Zygosporen, datirend vom 18. März 1875, einem meiner früheren Schüler, der sie in einem kleinen Fläschchen Wasser mit sich nach Hause nahm und während der langen Herbstferien (August bis October) in verdankenswerther Weise sorgfältig überwachte und pflegte, nach meiner Rückkehr sie in gesundem Zustande mir auch wieder einhändigte.

Ich brachte die köstlichen Untersuchungsobjekte, deren Züchtung über den sehr heissen Sommer viel Mühe verursachte, wieder

unter den eigens hiefür eingerichteten Tropfapparat in meinem Laboratorium (Universitätsgebäude Zürich), von wo ich sie dann und wann wegnahm, um sie der mikroskopischen Untersuchung zu unterwerfen. Es muss bemerkt werden, dass diese glücklich durch den Sommer durchgebrachten Zygosporen-Colonieen nur einige winzige, kaum etliche Quadratmillimeter ausgedehnte Blättchen bildeten, in welchen die Hauptmasse aus Tetraspora-Colonieen bestand, während vielleicht 200—300 gesunde Zygosporen sammt den vom Frühjahr datirenden Kalkkryställchen darin eingestreut lagen. Die Untersuchung wurde namentlich durch die üppig vegetirenden und rasch sich vermehrenden Tetrasporazellen erschwert. Gegen Neujahr stellten sich auch sehr zudringliche Bakterien-Ketten und Faden von parasitischer Natur ein, welche meine Pfleglinge in ernsteter Weise bedrohten. Ich suchte dieser leidigen Parasiten dadurch los zu werden, dass ich meine Zygosporen-Colonieen in einen grössern Glaskolben brachte, den ich tagelang fast fortwährend mit einem lebhaften Strom frischen Brunnenwassers speisen liess. Die Bakterien und andere bedrohliche Elemente wurden dadurch in den Hintergrund gedrängt. Die Zygosporen entwickelten sich ungehindert weiter, wurden aber durch die seit Neujahr 1876 neuerdings überhand nehmenden Tetraspora so sehr bedrängt, dass die Untersuchung mit sehr grossen Schwierigkeiten verbunden war, um so mehr, da ich mich nicht entschliessen durfte, die Zygosporen künstlich zu isoliren und den Verhältnissen zu entziehen, die so viel wie möglich den natürlichen Verhältnissen entsprachen, unter denen sich Ulothrix-Zygosporen in der freien Natur entwickeln. So gelang es mir, dieselben Zygosporen-Colonieen während eines ganzen Jahres und noch länger zu beobachten. Eine hübsche Anzahl sehr schön entwickelter Zygosporen stehen mir jetzt noch (54 Wochen nach der Copulation) zur Verfügung; ich betrachte sie als sogenannte Spätlinge; alle meine bisherigen Beobachtungen führen mich nämlich zu dem Schluss, dass die vollständige Entwicklung der Zygosporen, von der Copulation an bis zum Abschluss eigener Zoosporenbildung, nicht ein volles Jahr in Anspruch nimmt.

Nach diesen orientirenden Bemerkungen theile ich die Resultate meiner letzten Untersuchungen mit.

Die Untersuchung der mit Tetrasporen vermischten Zygosporen ergab am 26. Oktober, also zwei Monate und 20 Tage nach der Untersuchung am 6. August (Fig. 14. Taf. XXXVII.), dass die

Zygosporen auch während meiner Abwesenheit gar nicht oder nur sehr wenig gewachsen sind. Es unterliegt also keinem Zweifel, dass die Zygosporen von Ulothrix zonata während eines grössern Theils des Sommers nicht oder nur sehr wenig wachsen, dass sie also eine Ruheperiode von etlichen Monaten durchmachen. Mit Oktober trat kühles, regnerisches Herbstwetter ein und damit begann auch gleich die weitere Entwickelung meiner Untersuchungs-Objekte.

Zunächst machte sich eine allmälige Volumzunahme geltend; es trat ein rasches Wachsthum ein, wobei nicht allein die Masse des grobkörnigen chlorophyllhaltigen Plasmas vermehrt wurde, sondern auch die Membran an Mächtigkeit zunahm. Die äusserste dünne Membranschicht blieb gegen die innere mächtigere Schicht stets scharf abgegrenzt, röthlich schimmernd bis an die Basis der wurzelartigen Haftorgane deutlich erkennbar, während die letzteren selbst sich als solide Papillen oder haarförmige Fortsätze ohne weitere Differenzirung präsentirten (Fig. 1 u. 2. Taf. XXXVIII.). Die Chlorophyllkörner sämmtlicher gesund vegetirender Zygosporen erfüllten den ganzen kugeligen oder eiförmigen Hohlraum des Vegetationskörpers. Hat dieser jedoch eine gewisse Grösse erreicht, so tritt im Centrum oder in unmittelbarer Nähe eine helle Vacuole auf (V. V. in Fig. 2 u. 3. Taf. XXXVIII). Dann beginnt die Anordnung der Chlorophyllkörner sich derart zu differenziren, dass im grünen Innern der Zygospore netzartige Zeichnungen durch dicht an einander liegende Chlorophyllkörner gebildet werden (Fig. 4 u. 5. Taf. XXXVIII). Derartige Stadien wurden von mir schon im Oktober beobachtet, jedoch noch nicht so häufig, wie im November und December 1875 und im Januar 1876.

Endlich entdeckte ich am 19. Januar die erste Zygospore mit deutlich differenzirten Zoosporen in ihrem Innern. Ich habe in Fig. 6. Taf. XXXVIII eine andere Zygospore dargestellt, die ich am 21. Januar, also zehn Monate und drei Tage nach der Entstehung der Zygospore, beobachtete. In den zwei verschiedenen Einstellungen a) und b) wurden deutlich 8 grüne Zoosporen sichtbar, die, in eine Kugelfläche angeordnet, die centrale Vacuole umgaben. Eine neunte Zoospore blieb dem Beobachter durch die übrigen verdeckt.

In Figur 7. Taf. XXXVIII ist eine Zygospore mit 4 grossen Zoosporen im Innern, ebenfalls in zwei verschiedenen Einstellungen zur Anschauung gebracht. Die Zygospore in Fig. 8 a. und b.

enthielt dagegen 5 Zoosporen, während wir in Fig. 9 drei Zygosporen vor uns haben, deren Inhalt sich in 4, 5 und in 7 oder 8 Zoosporen differenzirte. Dort sehen wir auch deutlich den rothen Pigmentfleck, den sogenannten Augenpunkt jeder einzelnen Zoospore. Alle Figuren von Fig. 6 an bis Fig. 8 wurden in den Wochen vom 21. Januar bis zum 18. Februar 1876 aufgenommen. In Fig. 10 sind zwei Zygosporen dargestellt, die 7—10 Zoosporen enthalten. Auffallend ist der Umstand, dass die innere mächtige Membranschicht der Zygospore während der letzten Differenzirung des Inhaltes so anquillt, dass sie den ganzen grossen Raum zwischen der scharf conturirten äussern, röthlich schimmernden Membranschicht und den eben entstandenen Zoosporen einnimmt. In Fig. 7 u. 8 sah man sogar diese innere Membran sich in mehrere Schichten differenziren.

Wie aus den vorliegenden Figuren der Taf. XXXVIII hervorgeht, können in der Zygospore nur wenige oder aber mehrere Zoosporen entstehen. Ich habe deren zu zwei (Fig. 18c), zu 3, 4, 5, 6, 7, 8 bis 10, ja sogar zu 14 in einer Zygospore entstehen sehen. Im Anfang sind sie, der simultanen Theilung des Zygosporen-Inhaltes entsprechend, noch polyedrisch und wie oben bemerkt, in einer einzigen Schicht um die centrale Vacuole angeordnet, was namentlich in Fig. 13 besonders stark hervortritt.

Die rothen Flecken der Zoosporen sind meist der Peripherie des ganzen Zygosporen-Lumens zugekehrt. Häufig sieht man dort zwischen den einzelnen Zoosporen farblose, stark lichtbrechende Kügelchen liegen (l. l. in Fig. 12. 13 u. 14), die sich sogar schon vor der Ausbildung der Zoosporen einstellen können (Fig. 12). In der Folge runden sich die Zoosporen ab, treten aber dabei aus ihrer ursprünglichen Anordnung — und harren der Befreiung. Leider gelang es mir nicht, den Austritt dieser reifen Zoosporen zur Evidenz zu constatiren, obschon mir mehrmals leere Zygosporen (Fig. 14 x) zu Gesicht kamen, die aber ebenso gut auf künstliche Weise oder durch einen forcirenden Zufall entleert worden sein konnten, als sie sich auf natürliche Weise ihres Inhaltes entledigten.

Obschon ich für meine Zygosporen-Zucht die sorgfältigsten Vorrichtungen traf, welche es mir ermöglichten, die mit Mühe gepflegten und durch 10, ja sogar 11, 12 und 12½ Monate gesund durchgebrachten Cultur-Objekte vor schädlichen Einflüssen zu bewahren, so gelang es mir doch nicht, auch nur eine einzige Zygo-

spore ihre reifen Zoosporen entleeren zu sehen. Und doch haben wir es hier ganz evident mit Gebilden zu thun, die in normalen Verhältnissen ausschwärmen, 'wohl unter ähnlichen Erscheinungen, wie die Zoosporen, die aus Ulothrix-Fadenzellen entschlüpfen.

Ich habe dagegen eine grössere Anzahl von Zygosporen beobachtet, in denen die Zoosporen degenerirten (Fig. 14 a), wobei sich fast immer herausstellte, dass die röthlich schimmernde äussere Membranschicht der Zygospore am wenigsten verändert, die innere dicke Membran dagegen in eine farb- und strukturlose Masse aufgequollen war.

In einigen Zygosporen konnte ich bei den gefangen bleibenden Zoosporen unverkennbar die ersten Keimstadien beobachten. Dabei verlängern sich die mit rothem Pigmentfleck ausgestatteten Zoosporen beträchtlich (Fig 16 u. 18). In günstigeren Fällen konnte ich sogar das hyaline Fussende der gefangenen Keimlinge deutlich erkennen (Fig. 16 d und Fig. 18 b und d). Ja in einem Falle sah ich in jeder keimenden langgestreckten Zoosporenzelle eine oder zwei Vacuolen (V in Fig. 16 e), ganz ähnlich, wie bei den in einer Fadenzelle eingeschlossenen Keimlingen aus Mikrozoosporen (vergl. Fig. 3 in Taf. XXXV). Der rothe Pigmentfleck erblasst allmälig (Fig. 18 b u. d) und alsbald beginnt der ganze Inhalt der Zygospore oder wenigstens ein Theil derselben zu degeneriren (Fig. 17 bb u. 18 c).

Immerhin habe ich bei einigen Zygosporen beobachtet, dass die eine oder die andere der eingeschlossenen Zoosporen vor dem Absterben noch deutlich eine Membran erkennen liess (Fig. 17 a. a. a und Fig. 18 c. m). Weiter vorgeschrittene Keimstadien konnte ich an den eingeschlossenen Zoosporen nicht beobachten. Doch genügen die angeführten Thatsachen, um die Vermuthung zu begründen:

1. Dass die in den Zygosporen zu 2, 3, 4 bis 12, 14 (oder mehr?) entstehenden Zoosporen zu ihrer normalen Entwickelung der Freiheit bedürfen, dass es also wahre Schwärmsporen sind.
2. Dass sie aber auch bei unterdrückter Geburt in der Zygospore eingeschlossen, ganz ähnliche erste Keimstadien zeigen, wie die in den Fadenzellen von Ulothrix entstehenden Makro- und Mikrozoosporen.
3. Dass die aus solchen Zygosporen hervorgehenden Zoosporen ohne Zweifel einer ungeschlechtlich erzeugten Ge-

neration entsprechen, welche in Form von Zellreihen die erste Generation der Ulothrixfaden darstellt.

Noch habe ich zu erwähnen, dass die Zoosporen-Bildung in den Zygosporen, die ich an den gezüchteten Objekten im 11ten Monat nach der Copulation, nämlich Ende Januar und im Februar beobachtete, auch schon früher eintreten kann. Es ist ganz besonders hervorzuheben, dass ich Zygosporen mit Merkmalen zur Einleitung von Zoosporenbildung schon im October und im November, also im Alter von 7—8 Monaten beobachtete, ja, dass ich sogar eine abgestorbene Zygospore sah (Fig. 1 a. Taf. XXXVIII), die schon im November ganz evident 8 Zoosporen bildete, welch letztere aber alsbald zu Grunde gingen, während anderseits auch zu bemerken ist, dass ich Zygosporen bis zum Alter von 12¼ Monaten ganz gesund entwickeln sah.

Meine sämmtlichen Beoachtungen über die Entwicklung der Zygosporen und die Erscheinungen an den vegetativen und reproductiven Faden von Ulothrix zonata drängen mich zu der Ueberzeugung, dass die im Frühjahr gebildeten Zygosporen sich erst bis zu einer gewissen Höhe entwickeln, dann den heissen Sommer hindurch ihr Wachsthum sistiren, bei eintretenter kühler Herbstwitterung aber wieder weiter wachsen und dann sofort oder doch wenigstens im Anfang des Winters zur Zoosporen-Bildung schreiten, um dadurch auf ungeschlechtlichem Wege der ersten jener mehreren auf einander folgenden Wintergenerationen das Dasein zu geben, die nur Makrozoosporen bilden.

Dafür spricht ganz besonders auch der Umstand, dass man an Fundstellen, wo Ulothrix das ganze Jahr hindurch, bald in dieser, bald in jener Generationsform angetroffen werden kann, im Winter fast durchwegs nur Faden mit Makrozoosporen, höchst selten Mikrozoosporen findet, dass letztere dagegen erst an Frühjahr-Generationen recht zur Geltung gelangen, während die Makrozoosporen-Bildung in demselben Masse zurücktritt, in welchem die Mikrozoosporenbildung um sich greift.

X. Zusammenfassung und Schlussbemerkungen.

Aus den vorstehenden neun Kapiteln, welche nach meinem Dafürhalten im Wesentlichen die ganze Entwickelungsgeschichte

der beschriebenen Ulothrix zonata enthalten — sie umfassen die Resultate einer während 14 auf einander folgenden Monaten durchgeführten Untersuchung — geht mit Evidenz hervor, dass wir bei dieser Alge einem jener vielgliedrigen Generationswechsel gegenüberstehen, wie er nur bei verhältnissmässig wenigen Kryptogamen bis heute constatirt wurde. Wir haben bei Ulothrix zonata nach meiner Auffassung drei wesentlich verschiedene Generationsformen zu unterscheiden, von denen zwei als Fadengenerationen, die dritte als Zygosporen-Generation aufzufassen sind.

Die Fadengenerationen sind ohne Ausnahme ungeschlechtlich erzeugte, sich mehrfach wiederholende Glieder in der mannigfaltigen Generationsreihe des ganzen Entwickelungs-Cyclus. Sie stellen insgesammt dasjenige dar, was bis heute allein in Lehrbüchern und Floren unter dem Namen Ulothrix zonata aufgezählt und beschrieben wurde, während die dritte, oder die sogenannte Zygosporen-Generation bis heute unbekannt blieb.

In der langen Reihe der Fadengenerationen haben wir zwei wesentlich verschiedene Formen zu unterscheiden:

a. die geschlechtslos erzeugten zugleich ungeschlechtlichen, Makrozoosporen bildenden Spätjahr- und Winter-Generationen, die sich in rascher Folge wiederholen und mit Hülfe der ungeschlechtlichen Makrozoosporen hauptsächlich die lokale Verbreitung der Species während der rauhen Jahreszeit besorgen.

b. die an die vorhergehende Generationsreihe sich anschliessende geschlechtliche, Mikrozoosporen bildende Generationsform, die aus ungeschlechtlichen Makrozoosporen hervorging und sich nur dann wiederholen kann, wenn die von ihr erzeugten Geschlechtszellen (Mikrozoosporen) den Sexualakt verfehlen. Ihre physiologische Bedeutung liegt in der Erzeugung der Copulations-Objekte, durch deren Zusammentreten die dritte Generation, Zygospore, hervorgeht.

Die geschlechtliche, Mikrozoosporen bildende Generation bildet den Abschluss der vielen auf einander folgenden Fadengenerationen; sie ist das Produkt des Frühjahrs oder Sommers (je nach den localen Verhältnissen, unter welchen die Species sich repräsentirt) und sichert in der Zygosporenbildung die Fortpflanzung der Species, nicht in örtlicher, sondern in zeitlicher Beziehung.

Die Zygosporen-Generation mit ihrer mehrmonatlichen Ruheperiode, während welcher die Fadengenerationen — bald früher, bald später — gewöhnlich vollständig verschwinden und nur ausnahmsweise unter ganz glücklichen Verhältnissen sich kümmerlich zu erhalten vermögen, vermittelt die Erhaltung der Art von einer günstigen Vegetationsperiode hindurch durch die ungünstige (heisse Sommerzeit) bis zur folgenden Vegetationsperiode. Sie ist das Produkt eines Sexualaktes, selbst aber geschlechtslos.

Im Weitern lassen sich die wichtigsten Momente aus der Entwickelungsgeschichte von Ulothrix zonata folgendermassen zusammenfassen:

1. Es existirt bei Ulothrix zonata ein Polymorphismus der Zellreihen (Algenfaden), wie er wohl kaum bei einer andern Ulothrichee anzutreffen ist (vergl. Taf. XXXI und XXXVI), ein Polymorphismus, der sich nur aus der Entstehungs- und Entwickelungsgeschichte verschiedener Fortpflanzungszellen und deren Verhalten beim Keimen (ungeschlechtliche Fortpflanzung durch nicht copulirende Makro- und Mikrozoosporen) sowie bei der geschlechtlichen Propagation (Copulation der Mikrozoosporen) erklären lässt. Dieser Polymorphismus erklärt die bis heute bestehende unhaltbare Specification der unter vielen verschiedenen Artnamen aufgezählten Ulothrixformen. Aus der vorliegenden Darstellung der Entwickelungs-Geschichte von Ulothrix zonata geht mit Evidenz hervor, dass eine ganze Reihe bisher als besondere Species aufgeführter Formen in eine und dieselbe Species, als verschiedene Entwicklungsstadien und Generationsformen einer und derselben Art zusammengefasst werden muss. Die endgültige Sichtung dieser alten Ulothrix-Species muss einer weitern Arbeit vorbehalten werden.
2. Es existirt zwischen den verschiedenen Zoosporen, die bei Ulothrix zonata zu 1, 2, 4, 8, 16 und 32 oder noch mehr in einer Mutterzelle entstehen, nirgends ein scharf ausgesprochener Unterschied zwischen geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Zellen. Von den mit 4 Cilien ausgestatteten grösseren Makrozoosporen, die entschieden ungeschlechtlich sind, führt eine feine, unmerkliche Abstufung hinüber zu den mit 2 Cilien

ausgestatteten Mikrozoosporen, welche entschieden einen geschlechtlichen Akt (eine Copulation) eingehen können. Diese Abstufung von ausgesprochener Geschlechtslosigkeit zur unleugbaren Sexualität der Zoosporen bekundet sich sowohl in den Schwankungen der Grösse und der Anzahl der in einer Mutterzelle entstehenden Zoosporen, als auch im Verhalten derselben zum Geschlechtsakt, zur Copulation und im ferneren Verhalten der nicht copulirten Zellen während der Keimung. Das einzige Criterium zwischen Makro- und Mikrozoosporen, zwischen geschlechtslosen und geschlechtlichen Schwärmsporen dürfte die verschiedene Cilienzahl abgeben.

3. Es wird durch die Keim- und Enwickelungs-Fähigkeit der nicht copulirten Mikrozoosporen von Ulothrix zonata zur Evidenz erwiesen, dass an der untern Grenze des pflanzlichen Geschlechtlebens die beiderlei Sexualzellen, die in den obern Regionen der Kryptogamenwelt in ihrer Grösse und in ihrem Verhalten so unendlich verschieden sind, unter sich selbst sowohl als auch mit ungeschlechtlichen Zoosporen durchaus übereinstimmen und zwar in Form und Grösse, sowie im Verhalten nach verfehlter oder unterdrückter Copulation; mit andern Worten, dass an der untern Grenze des Sexuallebens die Geschlechtszellen identisch sind mit ungeschlechtlichen Fortpflanzungszellen und dass das Gelingen des Sexualaktes — der in den untern Regionen, wie aus anderweitigen Untersuchungen schon längst hervorging, in einer Copulation besteht — ebenso zufällig ist, als das Verfehlen desselben, und dass die Fortpflanzungszelle in beiden Fällen ihre Mission erfüllt, im einen Falle vereint mit einer anderen, im andern Falle jede für sich einzeln einem neuen Individuum das Dasein gebend.

4. Da bei Ulothrix zonata die copulirenden Zellen sich in der Regel morphologisch und physiologisch ganz gleich verhalten, einerseits aber auch grössere und langsamere Schwärmsporen eine Copulation mit kleineren, lebhafteren Mikrozoosporen eingehen, also eine Geschlechtsdifferenz in diesem Falle schon äusserlich angedeutet ist, andererseits aber die nicht copulirten Mikrozoosporen zu keimen

vermögen und fortpflanzungsfähigen Individuen das Dasein geben, so finden wir hierin einen neuen Beweis für die Pringsheim'sche Theorie, dass die Paarung von Schwärmsporen die morphologische Grundform der Zeugung im Pflanzenreiche darstellt, weiterhin aber auch, dass die Parthenognesis in letzter Instanz auf einen neben der Copulation parallel laufenden ungeschlechtlichen Fortpflanzungsprocess zurückzuführen ist.

5. Durch die Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte der Zygospore von Ulothrix zonata findet sich auch jene Theorie bestätigt, der zufolge das Produkt der Copulation als geschlechtlich erzeugte neue Generation zu betrachten ist. (Vergl. Sachs. Lehrbuch der Botanik IV. Aufl. 1874. Kapitel der Kryptogamen.) Die Zygospore von Ulothrix zonata ist ein einzelliges Pflänzchen mit Wurzeltheil und assimilirendem, langsam wachsendem Vegetationskörper. Sie entspricht dem Embryo und der aus demselben hervorgehenden ungeschlechtlichen Generation der Gefässkryptogamen. Das Wurzel-Ende dieses einzelligen Pflänzchens ist nichts Anderes als die Vereinigung der beiden Keimflecke der copulirten Mikrozoosporen; der assimilirende vegetative Körper der Zygospore (d. h. der obere Theil) entspricht den zwei vereinigten chlorophyllhaltigen Hinterpartieen der copulirenden Schwärmsporen. Vergleichen wir daher die Entstehung und Entwicklung der Zygospore mit der Bewegungsrichtung der sie erzeugenden Zellen, so finden wir, dass die geschlechtlich erzeugte, durch Copulation von Schwärmsporen entstehende Generation der Ulothricheen auf dem Kopf steht.

Ueber die Stellung von Ulothrix zonata und ihrer Verwandten im natürlichen System kann man verschiedener Ansicht sein. Immerhin glaube ich, dass die Ulothricheen am passendsten in die Nähe der Volvocineen und Hydrodictyeen eingereiht werden. Ich habe an passender Stelle in vorliegender Arbeit darauf aufmerksam gemacht, dass die Sexualprocesse bei Ulothrix zonata auch verwandschaftliche Beziehungen zu den niedrigsten Oosporeen, z. B. zu Sphaeroplea annulina erkennen lassen. In der That scheint die Sachs'sche Ansicht, derzufolge die Ulothrixarten an letztere Stelle versetzt werden dürften, nicht unberechtigt zu sein.

Allein eine Vergleichung von Ulothrix zonata mit jenen Zygosporeen, die von Pringsheim und Andern so bahnbrechend durchforscht wurden, zwingt zur Einreihung der Ulothricheen in die Classe der Zygosporeen, wenn man überhaupt die Zygosporeen als besondere Classe auffassen und nicht mit den Oosporeen in eine und dieselbe Classe, die der Gamosporeen zusammenfassen will, wie Cohn in seiner „Entwicklungsgeschichte der Gattung Volvox" (Beiträge zur Biologie der Pflanzen III. Heft. 1875) vorschlägt.

Die Frage der endgültigen Einreihung der Ulothricheen in's natürliche System darf aber einstweilen noch der Zukunft zur Beantwortung überlassen werden. Wir haben erst die wichtigsten Formen aus dieser Algengruppe auf ihre Entwicklungsgeschichte zu prüfen; erst wenn wir diese Arbeit einigermassen bewältigt haben werden, mag es am Platz sein, die Familien und Classen gegen einander abzugrenzen, respective durch die vorhandenen Uebergangsformen zu verbinden. In richtigem Gefühle der Inopportunität hat auch Rostafinski in seinem Aufsatz: „Quelques mots sur l'Haematococcus lacustris et sur les bases d'une classification naturelles des algues chlorosporées" (Mém. de la soc. des Sciencess naturelles de Cherbourg 1875. Tome XIX) unterlassen, die Ulothricheen in's System einzureihen.

Die besprochene Ulothrix zonata ist ohne Zweifel eine der interessantesten Uebergangsformen zwischen jenen Kryptogamen, die sich typisch nur auf ungeschlechtlichem Wege und jenen, die sich vorwiegend auf ausgesprochen geschlechtlichem Wege fortpflanzen. Sie ist eines der beredtesten Beispiele für die Theorie der Abstammung; an der untern Grenze des pflanzlichen Geschlechtslebens lehrt sie uns, wie die geschlechtliche Differenzirung aus der ungeschlechtlichen Propagation den Anfang genommen hat.

Zürich, 30. März 1876.

Erklärung der Tafeln.

Tafel XXXI. Verschiedene Fadentypen von Ulothrix zonata.

Fig. 1. a. b. Gekrümmte, kraus zusammengezogene Faden, Mikrozoosporen enthaltend.

a. Ein gegliederter Faden, dessen Zoosporen noch nicht völlig reif sind und dessen Zellen daher noch nicht tonnenförmig aufgetrieben erscheinen.

b. Fragment eines spiralig gekrümmten Fadens mit reifen Mikrozoosporen. Die Zellen sind tonnenförmig aufgetrieben, der Faden hat ein paternosterförmiges Aussehen. (Diese Faden wurden lebend am 15. März 1875 beobachtet, dann hermetisch abgeschlossen und am 15. April von Frl. Carolina Port, stud. phil., mit Hülfe des Prismas gezeichnet. Vergrösserung $\frac{276}{1}$

Fig. 2. Gegliederter Faden. Bei y besteht das Glied nur aus einer einzigen Zelle; bei y' zählt jedes Glied zwei Zellen; bei y'' ist durch Theilung der einen Tochterzelle das Glied 3zellig geworden. zzz durch Theilung beider Tochterzellen ist jedes Glied 4zellig geworden.

Fig. 3. a. b. Fragmente eines und desselben gegliederten Fadens in verschiedener Höhe.

a. unten; die Glieder sind 2-, 3- und 4zellig;

b. oberes Stück des Fadens. Die Glieder sind 4-, 5- und 8zellig. Der Faden ist dort am dicksten.

Fig. 4. Fragment eines gegliederten Fadens, dessen Glieder 7- u. 8zellig sind. In den meisten Zellen hat die Zoosporen-Bildung begonnen.

Fig. 5. a. b. c. Junge ungegliederte Faden; bei 5 a sind die Zellen kurz; der Cylindermantel des chlorophyllhaltigen Plasma's ist glatt; es fehlen die kleinen Körner. In jeder Zelle finden sich dagegen etliche kugelige Chlorophyllbläschen und ein graulicher Zellkern (zk). Bei 5 b sind die Zellen länger, der Cylindermantel des chlorophyllhaltigen Plasma's erscheint als Gürtel, dessen Breite ungefähr die halbe Länge der Zelle ausmacht; er ist feinkörnig und enthält ebenfalls grosse Chlorophyllbläschen; bei 5 c sind die Zellen sehr lang. Der grüne körnige Plasmagürtel nimmt nur ein Drittel der Zelllänge ein.

Fig. 6. a. b. c. d. Fragmente desselben Fadens in verschiedener Höhe. Bei 6 a (unterer Theil des Fadens) noch glatt, die Zellen lebhaft assimilirend und daher reich an grünem Plasma. (Vergl. Fig. 5 a.) Bei 6 b sind die Zellen schon etwas tonnenförmig aufgetrieben. Das grüne Plasma zieht sich auch über die Querwände (Einleitung zur Zoosporenbildung). Bei 6 c u. d Theilung des Zellinhaltes zur Bildung von zwei Makrozoosporen; bei r nur Eine Makrozoospore mit rothem Pigmentfleck. (Fig. 2. 3. 4, 5 u. 6 sind 482 Mal vergrössert.)

Taf. XXXII. Bildung, Entleerung und Keimung der Makrozoosporen.

Fig. 1. a. b. c. d. Junger Faden, hervorgegangen aus einer Makrozoospore. 1 a Fussstück mit sehr langer Fusszelle, die bei x eingestülpt ist. Der grüne Plasmagürtel nimmt den grössten Theil der Zelllänge ein. 1 b etwas entfernteres Fragment des mittleren Fadenstückes. Von b' bis b'' alle Stadien der Zelltheilung bis zur Bildung der Makrozoosporen; bei r r fertige Makrozoosporen mit rothem Fleck. 1 c unmittelbar auf vorhergehendes Fragment folgendes Stück mit Makrozoosporen, die zu 1 oder 2 in einer Zelle entstehen. Einige Zellen sind schon entleert. d etwas entfernteres oberes Stück desselben Fadens. Die Zoosporen sind noch nicht fertig gebildet.

Fig. 2. Fragment eines Fadens mit je 1 Makrozoospore in jeder Zelle. r,r rother Fleck der Zoospore.

Fig. 3. a. b. c. d. Fragment eines und desselben Fadens mit Makrozoosporen, letztere einzeln oder zu je 2 in einer Zelle entstehend. 3 a Ausschlüpfen der einzeln in einer Zelle entstehenden Makrozoosporen. 3 b und 3 c, c, c auf einander folgendende Stücke desselben Fadens, wobei in den einen Zellen je nur 1, in den andern Zellen je 2 Makrozoosporen entstanden. 3 d zwei Zellen eines entleerten Fadenstückes mit je 2 Makrozoosporen in jeder Zelle. Man erkennt leicht die rothen Flecke, welche den Querwänden des Fadens zugekehrt sind. Bei y y' y'' ausschlüpfende Makrozoosporen.

Fig. 4. Zur Ruhe gekommene Makrozoosporen.

Fig. 5. Einzelliger Keimling aus einer Makrozoospore. r rother Fleck.

Fig. 6. Zweizellige Keimlinge aus Makrozoosporen. F = Fuss.

Fig. 7. Vierzelliger Keimling aus einer Makrozoospore. r rother Fleck. z k Zellkern.

Fig. 8. Eine Makrozoospore, stärker vergrössert, mit der pulsirenden Vacuole p. V. und dem rothen Fleck r.

Taf. XXXIII. Entwickelung der Keimlinge aus Makrozoosporen.

Fig. 1. a. b. c. d. e. Die Makrozoospore und ihr Keimling bis zum 4-zelligen Pflänzchen. 1 a eben zur Ruhe gekommene Makrozoospore. 1 b erstes Keimstadium. 1 c zweizelliger Keimling. 1 d und 1 e zwei vierzellige Keimlinge. r r rothe Flecke. z k Zellkern.

Fig. 2. Ein- zwei- und mehrzellige Keimlinge aus Makrozoosporen, auf Kalkkrystallen fussend, lebhaft vegetirend, in schwimmenden Watten verschiedener Algen des von Quellwasser gespeisten Universitätsbrunnens; r r rothe Flecke.

Fig. 3. Achttägige Keimlinge aus Makrozoosporen im Zimmer gezüchtet.

Fig. 4. Ebenso. Bei x hat sich das grüne Plasma zur Bildung von Zoosporen bereits auf die horizontalen Querwände verbreitet.

Fig. 5. Zwei 14-tägige Keimlinge aus Makrozoosporen, die im Zimmer gezüchtet wurden und bereits selber wieder Zoosporen bilden. 5 y Zellinhalt sich theilend zur Bildung von Mikrozoosporen. 5 y' Zellinhalt sich theilend zur Bildung von Makrozoosporen. o o zwei fertig gebildete mit rothen Punkten versehene Makrozoosporen in der obersten Zelle. m m Zellen mit je 8 fertig gebildeten Mikrozoosporen. n n Zellen mit je 16 fertig gebildeten Mikrozoosporen.

Fig. 6. Ein Fadenstück mit entleerten Mikrozoosporen, die zu 4 in den Special-Umhüllungsblasen liegen. Bei b eine solche in der Mutterzelle zurückgeblieben.

Taf. XXXIV. Bildung, Entleerung und Copulation der Mikrozoosporen.

Fig. 1—14. Die verschiedenen auf einander folgenden Stadien des Copulationsprocesses dreier Zoosporen. Alle Zeichnungen sind von Ansichten genommen, bei denen alle drei rothen Flecke r r sichtbar waren (Freihandzeichnungen)

Fig. 15. Degenerationsprocess zweier vereint schwärmenden Zoosporen. 15 a hyaline Blase, entweder eine „centrale Blase", oder was wahrscheinlicher eine Special-Umhüllungsblase, deren vorderer Pol scheinbar 4 Cilien trägt, während der hintere Pol mit den zwei grünen Plasmamassen der zwei Zoosporen versehen ist. Im hyalinen Theil der Blase finden sich während und nach dem Schwärmen zahlreiche in tanzender Bewegung begriffene farblose Körnchen. M. 15 b und 15 c-Dieselbe Blase ohne Cilien mit den sich loslösenden grünen Zoosporen, die gleich darauf nebst der hyalinen Blase in Schleim zerfliessen, M Körnchen mit Mocularbewegung.

Fig. 16. a. u. b. Eine andere Blase mit zwei Zoosporen, dieselben Erscheinungen darbietend, wie in Fig. 15.

Fig. 17. Eine dritte Blase, die — zur Ruhe gekommen — degenerirt, ohne dass sich die zwei grünen Plasmamassen der Zoosporen ablösen (17 b).

Fig. 15, 16 und 17 sind mit dem Prisma gezeichnet. Vergrösserung $\frac{482}{1}$

Fig. 18. Zur Ruhe gelangte Zygosporen, hervorgegangen aus der Copulation zweier Zoosporen. rr rothe Flecke. (Freihandzeichnung. Vergrösserung ca. $\frac{700}{1}$)

Fig. 19. a u. b. Unmittelbar auf einander folgende Fragmente eines Fadens, Zoosporen-Bildung. a' und b' die auf einander folgenden Stücke, deren Zellen zum grössten Theil entleert sind, c soeben entleerte Zoosporen, 8 an der Zahl, noch von der Umhüllungsblase umgeben. Beim Freiwerden derselben wurden alle 8 einzeln gesehen, während in der Umhüllungsblase auf einmal blos 4 sichtbar sind. d d d Zellen mit je 8 Zoosporen; letztere besitzen, wie aus der Darstellung der frei gewordenen Exemplare ersichtlich ist, nur zwei Cilien. Vergrösserung $\frac{482}{1}$

Fig. 20. a. b. c. d. e. Auf einander folgende Stadien der Copulation zweier im Momente des Freiwerdens noch nicht abgerundeter Zoosporen. Die Abrundung vollzieht sich mit zunehmender Verschmelzung. 20 I, II, III, IV u. V Copulation zweier ursprünglich langgestreckter Zoosporen (Fig. 20. Freihandzeichnung).

Fig. 21. Erste Stadien der Copulation zweier Zoosporen, die sich erst einige Momente mit dem vordern Theil der Cilien berührten, und gemeinsam rotirten, bis die eine Zoospore a plötzlich Wendung machte, um mit Einem Ruck (a') auf den Körper der Zoospore b (in b') zu stürzen. (Freihandzeichnung.)

Fig. 22. a. Ein mit reifen Mikrozoosporen erfülltes Fadenfragment. a' a' entleerte Zellen mit 1 und 2 zurückgebliebenen Mikrozoosporen. 22b Fadenfragment mit einer soeben entleerten Mutterzelle, die 16 Mikrozoosporen enthielt, von denen 4 in der Zelle zurückblieben. Beim Entleerungsakt sind die Cilien dieser letztern gegen und durch die Oeffnung der Mutterzelle hinausgezogen worden.

Fig. 23. a. b. c. d. Die vier auf einander folgenden Stadien des Freiwerdens der 16 in einer Mutterzelle entstandenen Mikrozoosporen. Bei c ist die Umhüllungsblase noch deutlich zu sehen, während sie bei d nicht mehr sichtbar ist. Bei d sind die Cilien der 4 zurückgebliebenen Sporen gegen und

durch die Oeffnung der Mutterzelle nach Aussen gerichtet. e e e' e' Mikrozoosporen isolirt und in Copulation begriffen. Bei e' unterscheiden sich die beiden copulirenden Sporen beträchtlich durch ihre Grösse.

Fig. 24. Eine beträchtlich grosse Zoospore mit einer sehr kleinen Mikrozoospore, den Versuch einer Copulation machend, in verschiedenen Stellungen nach dem Prisma gezeichnet. (Die vollständige Copulation konnte nicht beobachtet werden, weil die Objekte plötzlich aus dem Gesichtsfelde verschwanden.)

Fig. 25. Zur Ruhe gekommene Zygosporen von verschiedener Grösse, in verschiedenen Stellungen gezeichnet.

Taf. XXXV. Keimung der Mikrozoosporen.

Fig. 1. a. a. Ein- bis 4 zellige Keimlinge aus Mikrozoosporen, 2 bis 4 Tage alt. b b schwächliche, ohne Zweifel zu Grund gehende Keimlinge aus Mikrozoosporen. c Zygosporen mit Haftorgan (Wurzel).

Fig. 2. a Fadenfragment mit zum Theil entleerten Zellen. Bei x x degenerirte Mikrozoosporen. Bei z eine geschlossene Mutterzelle mit Keimlingen aus Mikrozoosporen. (Vergl. z in Fig. 3.) Bei z' noch 2 in der Mutterzelle liegende Keimlinge aus Mikrozoosporen. Da die Mutterzelle geöffnet ist, so bilden diese Keimlinge einen hyalinen Fuss, während dieser bei den zu 16 in einer geschlossenen Mutterzelle liegenden Keimlingen bei z fehlt. c c c Zygosporen, ca. 10 Tage nach der Copulation. a a ein- bis 3-zellige Keimlinge aus Mikrozoospooren.

Fig. 3. Die in Fig. 2 z dargestellte Zelle mit den Keimlingen durch Quetschen gesprengt. Bei verschiedener Einstellung konnten deutlich 10 Keimlinge ganz, und 3 oder 4 noch zum Theil deutlich gesehen werden.

Fig. 4. a. a. Zwei mehrzellige Keimlinge mit verlängerter Fusszelle. b ein 23-zelliger Keimling ohne hyaline Fusszelle. zk = Zellkern. c c c Zygospore ca. 10 Tage nach der Copulation.

Fig. 5. Ein zum Theil entleertes Fadenstück. e' eine Zelle mit langgestreckten Mikrozoosporen (vergl. Fig. 4. Taf. I und Taf. IV. Fig. 20). e'' e'' In der Mutterzelle zurückgebliebene langgestreckte Zoosporen. a eine abgerundete Mikrozoospore.

Fig. 6. Fadenfragment mit aus den Mutterzellen hervorsprossenden Keimlingen aus Mikrozoosporen. Diese Keimlinge sind 2- bis 5-zellig und brechen aus jeder Sporenmutterzelle in der Regel zu je 4 hervor. Der hyaline Fuss fehlt; nebstdem finden sich ganz entleerte Zellen an demselben Fadenstück. Bei deg. zurückgebliebene degenerirende Mikrozoosporen.

Fig. 7. Ein ca. 20 Tage alter Ulothrix-Keimling aus einer Mikrozoospore mit verzweigter Fusszelle.

Taf. XXXVI. Die Processe der geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Zeugung bei Ulothrix zonata. (Vergrösserung $\frac{482}{1}$)

Fig. 1. a—g. Fragmente eines und desselben Fadens, bestehend aus 1000—1200 Zellen, die am obern Theil des Fadens zum grössten Theil entleert sind, während sie im Mittelstück fertige Makro- und Mikrozoosporen enthalten, im untern Fadentheil aber nur den breiten vegetirenden Plasmagürtel erkennen lassen. Die Fragmente dieses Fadens folgen von der Spitze an gegen den Fuss hin in derselben Reihenfolge, wie die Buchstaben a—g. (Die Zeichnungen wurden während der allmälig sich stärker geltend machenden Einwirkung des zugesetzten Glycerins angefertigt.)

a. Oberstes Fadenstück, aus entleerten Zellen bestehend. Die Entleerung der Zoosporen erfolgte ohne Zweifel schon vor mehreren Tagen, da in zwei Zellen aus je einer zurückgebliebenen Zoospore seit der Entleerung der Schwesterzellen ein vierzelliger Keimling herangewachsen ist. (a. a.)

b. Fragment eines darauf folgenden tiefern Fadentheiles, dessen Zellen sich einen Tag später als bei a entleerten, da die aus zurückgebliebenen Zoosporen hervorgegangenen Keimlinge b b erst zweizellig sind. deg. degenerirende Zoosporen.

c. Ein tiefer stehendes Fragment, dessen Zellen sich — freilich erst zum Theil — soeben entleert haben. Bei d eine zurückgeblieben Makrozoospore mit dem rothen Fleck r, ohne Zweifel eine Wiederholung des bei a, b und c vor 1—3 Tagen vor sich gegangenen Processes. Bei I I vier noch nicht entleerte Zellen, erfüllt von mehr als 32 Mikrozoosporen, die in eine Hohlkugel angeordnet sind, wie bei I a, I a, wo dieselben Zellen bei anderer Einstellung gezeichnet wurden, ersichtlich ist.

d. Ein folgendes Fragment, dessen Zellen zum grössten Theil entleert sind. e eine noch nicht entleerte Zelle mit Mikrozoosporen, die in eine Hohlkugel angeordnet sind. e' e' vier nicht entleerte Zellen, deren Mikrozoosporen scheinbar in zwei horizontale Reihen, in Wirklichkeit aber in einen sehr kurzen Hohlcylinder angeordnet sind. Bei e'' eine zurückgebliebene Makrozoospore in der entleerten Mutterzelle.

e. Ein tieferes Fragment mit reifen Makro- und Mikrozoosporen. In der Mehrzahl der Zellen finden sich 4 Makrozoosporen, bei h h dagegen je 16 Mikrozoosporen, bei h'' 32. An den Makrozoosporen sind die rothen Flecke auffallend bemerkbar.

f. Unterster Theil eines längeren Fadenstückes mit vorwiegenden Makrozoosporen. (An diesem Fadenstück hat sich die contrahirende Einwirkung des Glycerins auf das Plasma am meisten geltend gemacht.) k k Theilung des Plasmas zur Bildung von Makrozoosporen; die übrigen Zellen enthalten letztere schon in fertigem Zustande, 2 oder 4 in jeder Zelle.

g. Die vier untersten Zellen dieses Fadens· In der sehr langen Fusszelle findet sich nur wenig grünes Plasma. (Alle Zeichnungen dieses Fadens sind mit Hülfe des Hartnack'schen Imm. Syst. No. 9 nach dem Prisma gezeichnet.)

Fig. 2. a. b. c. d. Ein anderer Faden mit Makro- und Mikrozoosporen, während der Entleerung der Makrozoosporen gezeichnet. a Fragment mit je 4 und 8 Zoosporen in jeder Zelle. b drei auf einander folgende Zellen desselben Fadens, von denen die eine Zelle eine grosse Zahl von Mikrozoosporen enthält, während die benachbarte Zelle nur noch 1 Makrozoospore x einschliesst. y eine freigewordene Makrozoospore. c Fragment mit zwei entleerten und 4 noch mit Makro- und Mikrozoosporen erfüllten Zellen. x' eine eben freigewordene Makrozoospore von hinten gesehen. Die übrigen 4 Makrozoosporen in den verschiedenen Stellungen während des Schwärmens, unmittelbar nach dem Freiwerden, gezeichnet. d. Entleerung der 4 Makrozoosporen einer Mutterzelle. u Umhüllungsblase. e Abgleiten und Freiwerden der 4 Makrozoosporen. c B centrale Blase. f eine durch Jod gebräunte Makrozoospore, etwas contrahirt, Cilien sowohl als Körper gebräunt.

Fig. 3. Ein Fadenfragment mit Mikrozoosporen (durch Jod getödtet). z

eine eben entleerte Zelle. y' und y'' die noch in der Umhüllungsblase eingeschlossenen Zoosporen in zwei verschiedenen Einstellungen nach dem Im. System 9 Hartnack gezeichnet. In diesem Falle sind wohl 16 Mikrozoosporen in der Umhüllungsblase, da bei einer Einstellung ganz sicher deren 10 gezählt werden konnten. z eine durch Jod getödtete Zoospore desselben Fadens mit 2 Cilien.

Fig. 4. Ein zum grössten Theil entleertes Fadenfragment mit Mikrozoosporen und die zwischen letzteren vor sich gehende Copulation. a isolirte Mikrozoospore. b zwei solche Mikrozoosporen in Copulation begriffen. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 die auf einander folgenden Stadien im Copulationsprocess, im Verlauf einer Viertelstunde beobachtet. Beim Freiwerden aus der Umhüllungsblase wurden je 16 einzelne Zoosporen gezählt.

Fig. 5. Zur Ruhe gekommene Zoosporen, 18—24 Stunden nach der Copulation; die zwei rothen Punkte sind noch deutlich erkennbar.

Taf. XXXVII. Keimung und Entwicklung der Zygosporen und der nicht copulirten Zoosporen.

Fig. 1. Vier isolirt liegende Zygosporen, 24 Stunden nach der Copulation. Die beiden rothen Pigmentflecke und die den ursprünglichen Mikrozoosporen entsprechenden grünen Plasmapartieen sind noch deutlich erkennbar. a a a die Zygosporen von oben gesehen, der sogen. Keimfleck (hyaliner Pol) ist abwärts gekehrt, nicht sichtbar. b eine seitlich liegende Zygospore, links der hyaline Keimfleck (später als wurzelartiges Haftorgan dienend).

Fig. 2. Aus einer Zygosporen-Colonie am Grunde eines Tellers, 68 Stunden nach der Copulation. a a abgestorbene, gebleichte Zygosporen. b b lebende Zygosporen, meist von oben gesehen, mit deutlicher Cellulose-Membran; bei einigen ist der grüne plasmatische Inhalt hufeisenförmig angeordnet. Der Inhalt ist feingekörnt. Die Zygosporen sind seit ihrer Entstehung entschieden gewachsen.

Fig. 3. Aus einer Colonie von Zygosporen, 11 Tage nach der Geburt. a a Zygosporen von oben gesehen, eiförmig oder kugelig erscheinend; b b Zygosporen von der Seite gesehen, mit einem hyalinen Rhizoid. In jeder der auf den 1¼- bis zweifachen Durchmesser des ursprünglichen Copulationsproduktes herangewachsenen Zoosporen ist der grüne Inhalt feinkörnig und enthält derselbe zwei, selten mehr grosse Chlorophyllbläschen.

Fig. 4. Eine Colonie von 14—16 Tage alten Zygosporen, die dicht beisammen liegend gleichsam einen Rasen bilden. a a stark verlängerte Zygosporen, die sich über das Niveau der umgebenden Zygosporen b b erheben und ein längeres Fussstück besitzen. c c kräftig vegetirende mehrzellige Keimpflänzchen aus nicht copulirten Zoosporen. d d weniger weit entwickelte Keimpflänzchen aus nicht copulirten Mikrozoosporen. Alle Zygosporen dieser Colonie zeigen gegenüber Fig. 2 ein beträchtliches Wachsthum.

Fig. 5. Eine Gruppe zum Theil isolirter Zygosporen von demselben Alter, wie in Fig. 4, von denen die einen von oben, die andern von der Seite gesehen zur Darstellung gelangten.

Fig. 6. Zwei isolirte Zygosporen, 17—19 Tage alt. Der lebhaft grüne Inhalt ist feinkörnig, beide Sporen sind beträchtlich gross.

Fig. 7. Eine Gruppe isolirter Zygosporen, 40 Tage alt. Einige derselben besitzen ein langes wurzelartiges Haftorgan (Rhizoid), das dem ursprünglichen Keimflecke entspricht. x eine durch den Druck der Umgebung unregelmässig gewordene Zygospore. Die Membran sämmtlicher Zygosporen ist beträchtlich dicker geworden.

Fig. 8. Einige Zygosporen 58 Tage nach der Copulation. Durch gegenseitigen Druck sind die Berührungsflächen der bedeutend grösser gewordenen Sporenkörper abgeplattet worden. Die Membran erscheint zweischichtig; die äussere Schichte schimmert bei intensivem Licht röthlich.

Fig. 9. Zygosporen, 62 Tage alt, zum Theil von der Seite, zum Theil von oben gesehen.

Fig. 10. Zygosporen, 70 Tage alt, die Membran wird immer dicker.

Fig. 11. Zygosporen, 72 Tage alt. ff lange Fussstücke (Rhizoide).

Fig. 12. Zygosporen, 90 Tage alt. f langes Rhizoid einer birnförmigen Spore. a — eine absterbende Zygospore, deren Inhalt sich contrahirt, während die Membran verschleimt.

Fig. 13. Zygosporen, 98 Tage alt. a eine isolirte, sehr grosse birnförmige Spore. b einige zusammengewachsene gegenseitig abgeplattete Zygosporen. Bei allen erscheint der Inhalt lebhaft grün, aus kugeligen Körnchen von gleicher Grösse bestehend. Die Membran nimmt an Mächtigkeit zu.

Fig. 14. Zygosporen, 140 Tage alt, gezeichnet am 6. August 1875. Die kugeligen Chlorophyllkörner sind bedeutend grösser, als auf den früheren Stadien; ebenso ist die Membran beträchtlich dicker.

Fig. 15. Zygosporen von Ulothrix zonata, aus dem Universitätsbrunnen, mindestens 2 Monate alt, gezeichnet (nach dem Prisma) von Carolina Port Mitte Juni 1875. Diese Zygosporen constatiren den normalen Verlauf der Entwicklung von im Zimmer gezüchteten Zygosporen, wie sie in den vorhergehenden Figuren dargestellt ist.

Fig. 16. Ein Fadenfragment von Ulothrix zonata, im Zimmer gezüchtet, 100 Tage alt, mit lebenden Plasmapartieen und monströs aufgetriebenen Zellen.

Taf. XXXVIII. Entwicklungsgeschichte der Zygosporen nach der Ruheperiode.

(Alle Figuren dieser Tafel sind wie diejenigen von Taf. VII 482 Mal vergrössert.)

Sämmtliche hier dargestellte Zygosporen datiren vom 18. März 1875; die der Erklärung beigegebenen Daten geben den Tag an, da sie mit Hülfe des Prisma's gezeichnet wurden, woraus sich leicht das Alter der Objekte berechnen lässt.

Fig. 1. Drei gesunde Zygosporen, 8 Monate und 19 Tage alt. Gez. 6. Decbr. 1875. 1 a eine Zygospore, deren Inhalt sich in mehrere Zoosporen differenzirte, welche jedoch degenerirten. Beobachtet 6. Decbr. 1875.

Fig. 2. Fünf Zygosporen, von denen 4 mit längerem Fuss versehen sind. Bei etlichen sieht man in der Nähe des Centrums eine helle Vacuole V. Gez. 31. Decbr. 1875.

Fig. 3. Drei Zygosporen, bei denen die Vacuole noch deutlicher hervortritt, als bei den in Fig. 2 dargestellten. Gez. 24. Decbr. 1875.

Fig. 4. Vier Zygosporen, von denen drei eine netzartige Anordnung in der Vertheilung der Chlorophyllkörner zeigen. (Einleitung zur Zoosporenbildung.) 10 Monate alt. Gez. 19. Januar 1876. (Am gleichen Tage entdeckte ich die ersten grünen Zoosporen im Innern einer Zygospore.)

Fig. 5. Fünf Zygosporen. Bei mehreren gruppiren sich die Chlorophyllkörner in eine grössere oder geringere Anzahl von eckigen Feldern. Gez. 31. Decbr. 1875.

Fig. 6. Eine Zygospore, in zwei verschiedenen Einstellungen a und b gezeichnet. Bei jeder Einstellung sind 8 Zoosporen sichtbar, die concentrisch um eine centrale Vacuole angelagert sind. Gez. 21. Januar 1876.

Fig. 7. Eine andere Zygospore in zwei verschiedenen Einstellungen a und b. Sie enthält 4 grosse Zoosporen. Die Membran der Zygospore ist in mehrere Schichten differenzirt. Gez. 24. Januar 1876.

Fig. 8. Eine Zygospore in zwei verschiedenen Einstellungen a und b. Bei jeder Einstellung sind 5 Zoosporen sichtbar; die Zygospore enthält deren aber 6. Gez. 24. Januar 1876.

Fig. 9. Drei Zygosporen mit einer verschiedenen Anzahl von Zoosporen im Innern und zwar rechts 4, in der Mitte 5 oder 6, links 7. Die äusserste röthliche Membranschicht ist gegen die dickere innere bläulich schimmernde scharf abgegrenzt. Bei der mittlern und bei allen in den vorhergehenden Figuren dargestellten Zygosporen reicht die äussere röthliche Membranschicht nur bis an die Basis der papillenförmigen oder wurzelartigen Auswüchse der bläulichen inneren Membranschicht. Gez. 25. Januar 1876.

Fig. 10. Zwei Zygosporen, mit 7—10 Zoosporen im Innern. Bei b b ist deutlich der vordere hyaline Pol der Zoosporen mit etlichen farblosen Körnchen sichtbar. Die innere dicke Membranschicht ist gegen den übrigen Inhalt der Zygospore nicht oder nur wenig deutlich abgegrenzt. Gez. 26. Januar 1876.

Fig. 11. Sechs Zygosporen, 10 Monate und 9 Tage alt. a eine langgestreckte Zygospore, deren innere Membranschicht den ganzen Raum zwischen der Peripherie und dem eiförmigen grünkörnigen Inhalt einnimmt. b eine kugelige Zygospore mit noch unverändertem Inhalt. c eine Zygospore mit 4 reifen Zoosporen. d eine Zygospore mit 5 oder 6 Zoosporen. e eine Zygospore mit 8 sichtbaren Zoosporen. f eine andere Zygospore ebenso. Gez. 27. Januar 1876.

Fig. 12. Die in Fig. 11 a dargestellte Zygospore, 7 Tage später. Der grüne Inhalt zeigt bereits die Einleitung zur Zoosporenbildung. l l stark lichtbrechende, farblose Körperchen. Gez. 3. Febr. 1876.

Fig. 13. Eine sehr grosse Zygospore in zwei verschiedenen Einstellungen, bei denen zusammen 10 Zoosporen erkennbar sind. Wahrscheinlich enthielt dieselbe jedoch 12 oder 13 Zoosporen. l l l stark lichtbrechende Körperchen an der Peripherie der in eine Kugelfläche angeordneten Zoosporen V centrale Vacuole, um welche die reifen Zoosporen angelagert sind. Gez. 11. Febr. 1876.

Fig. 14. Vier Zygosporen, 11 Monate und 7 Tage alt. Gez. 25. Febr. 1876. a absterbende Zygospore mit contrahirtem Plasma und successive nach Innen aufquellender Membran. x eine entleerte Zygospore. Die äussere röthliche Membranschicht ist nicht mehr deutlich gegen die innere abgegrenzt. d eine sehr grosse Zygospore, die bei dieser Einstellung deutlich 10 Zoosporen erkennen lässt. Es sind deren aber mindestens 12—14 vorhanden.

Fig. 15. Zwei sehr grosse Zygosporen, deren Inhalt noch keine Veränderung zeigt. 11 Monate und 7 Tage alt. Gez. 25. Febr. 1876.

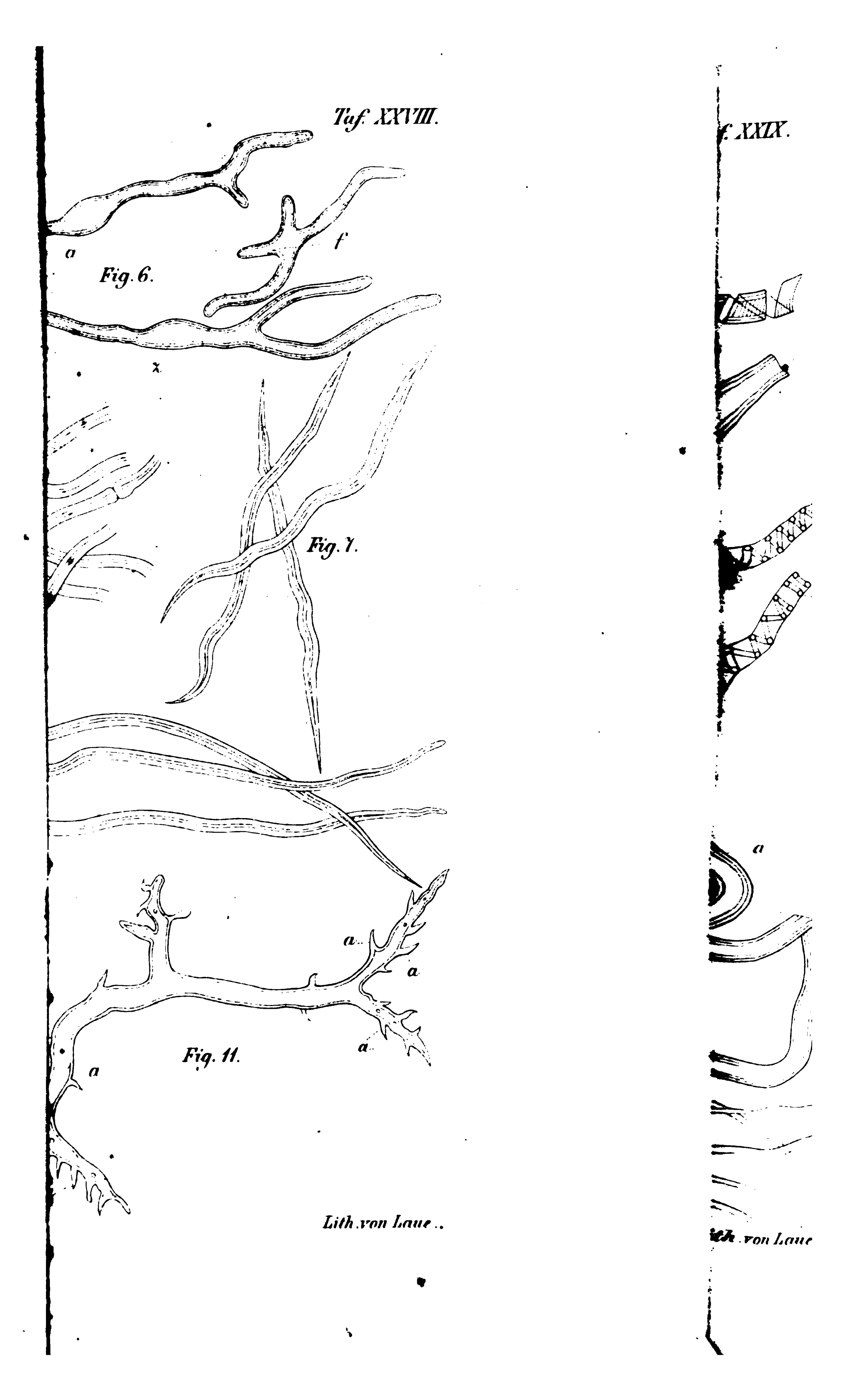
Fig. 16. a. a. b. c. d. e. Sechs in der Colonie unmittelbar neben einander liegende Zygosporen. 11 Monate (weniger 3 Tage) alt. Gez. 15. Febr. 1876. Bei a a sind die Zoosporen noch regelmässig angeordnet, von eiförmiger Gestalt. Bei b und c haben sich die Zoosporen verlängert und ihre ursprüngliche Lage verschoben. Bei d und e erste Keimstadien der Zoosporen in der Mutterzelle. Bei e sind in den langgestreckten Keimzellen bereits etliche Vacuolen sichtbar, ähnlich wie beim Keimen der Mikrozoosporen im Innern einer Ulothrix-Fadenzelle. (Vergl. Fig. 3 in Taf. V)

Fig. 17. Eine Zygospore, welche ihre Zoosporen gefangen hielt; letztere sind zum Theil schon degenerirt (b b), zum Theil noch nicht völlig abgestorben (a a), sondern mit einer deutlichen Membran bekleidet. Gez. 3. Febr. 1876.

Fig. 18. a. b. c u. d. Keimstadien der Zoosporen im Innern verschiedener Zygosporen. a und c Zygosporen genau 11 Monate nach der Copulation der sie erzeugenden Mikrozoosporen. Gez. 18. Febr. 1876. c eine Zygospore mit zwei grossen Zoosporen, von denen die eine bereits degenerirt, die andere aber mit einer deutlichen Membran ausgestattet ist (m). Gez. 15. Febr. 1876. d eine Zygospore mit mehreren keimenden Zoosporen. Gez. 11. Febr. 1876.

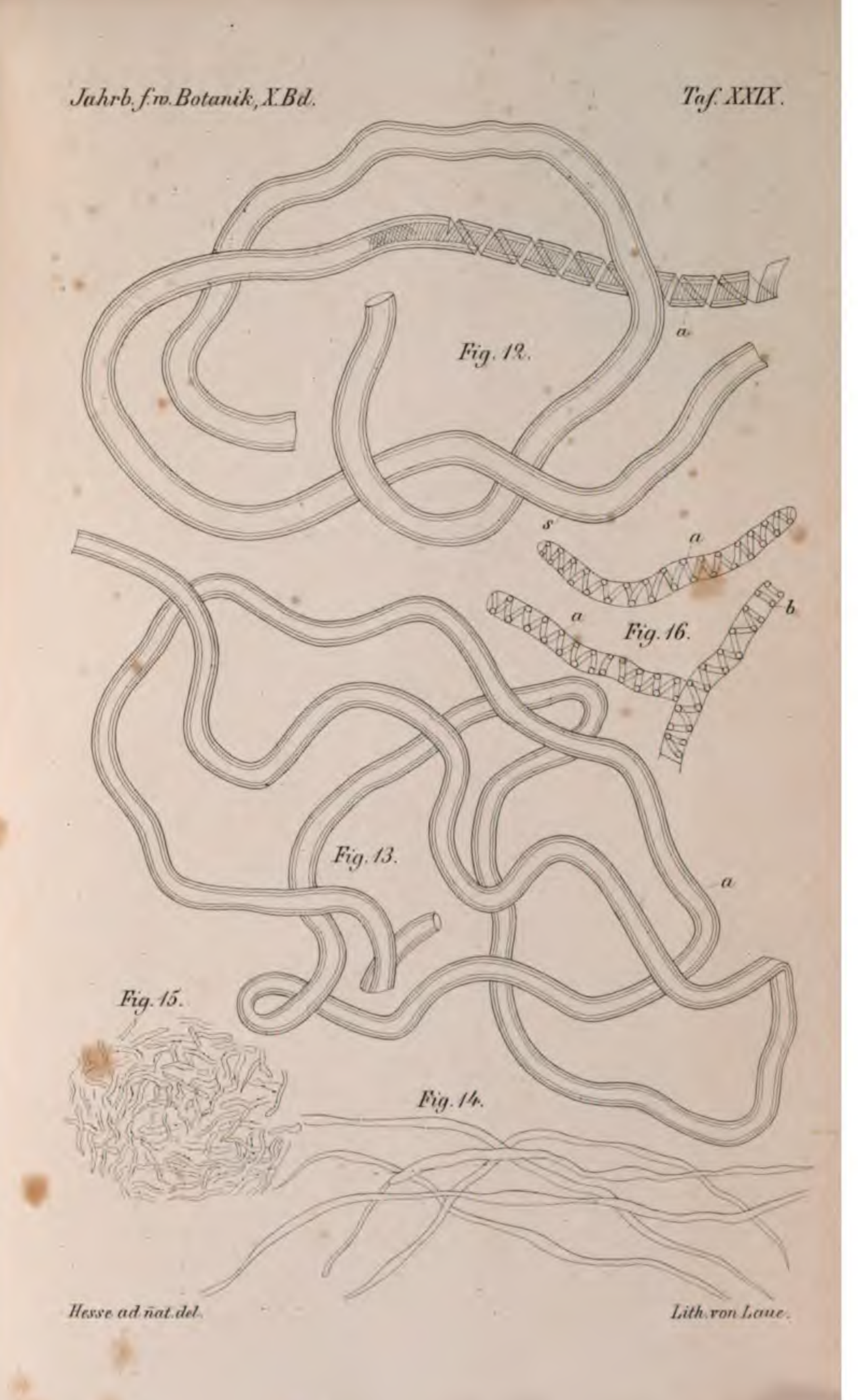
Druck von G. Bernstein in Berlin.



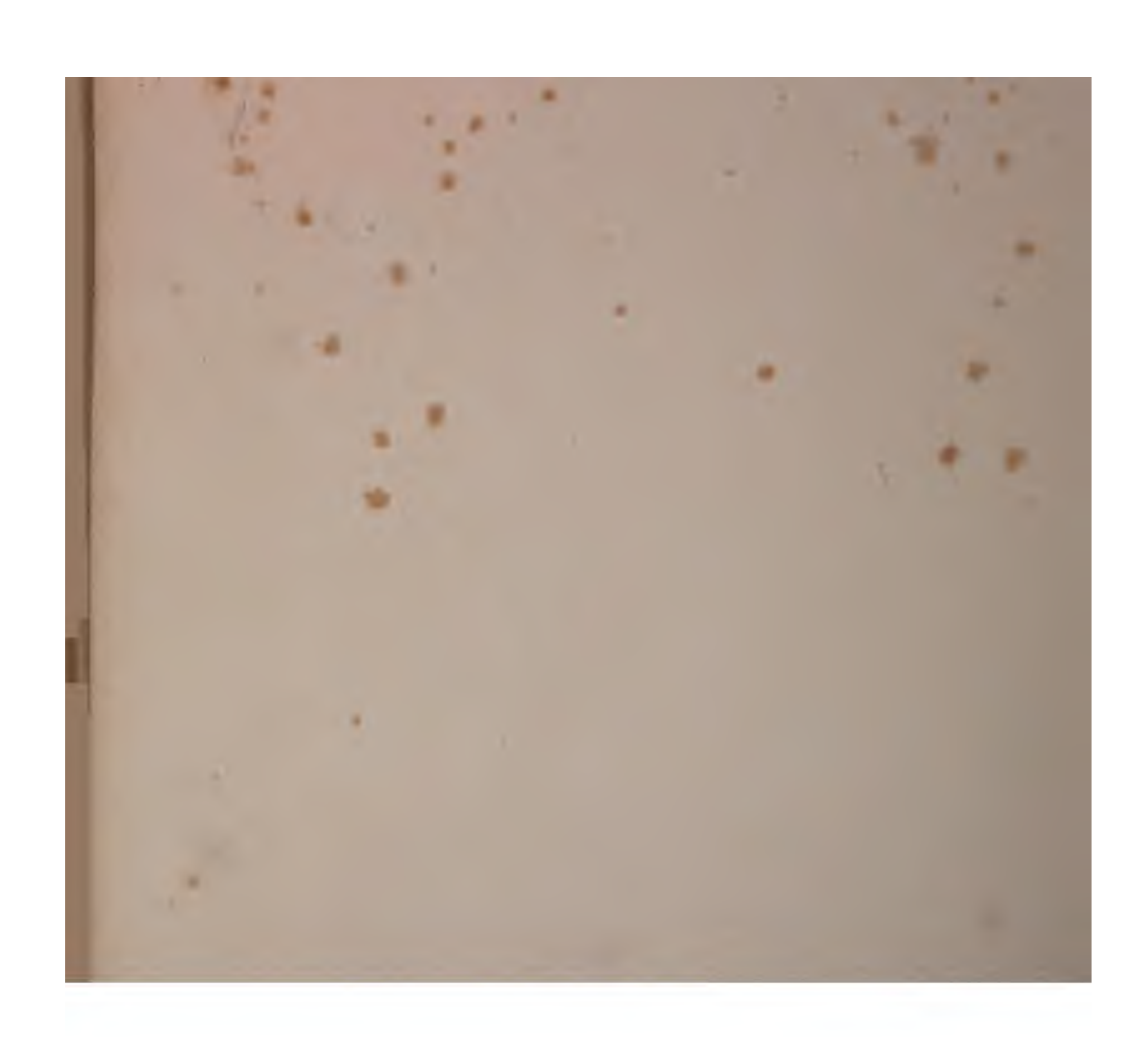


Taf. XXVIII.
a
f
Fig. 6.
x
Fig. 7.
a
a
a
a
Fig. 11.
Lith. von Laue.
f. XXIX.
a
th. von Laue





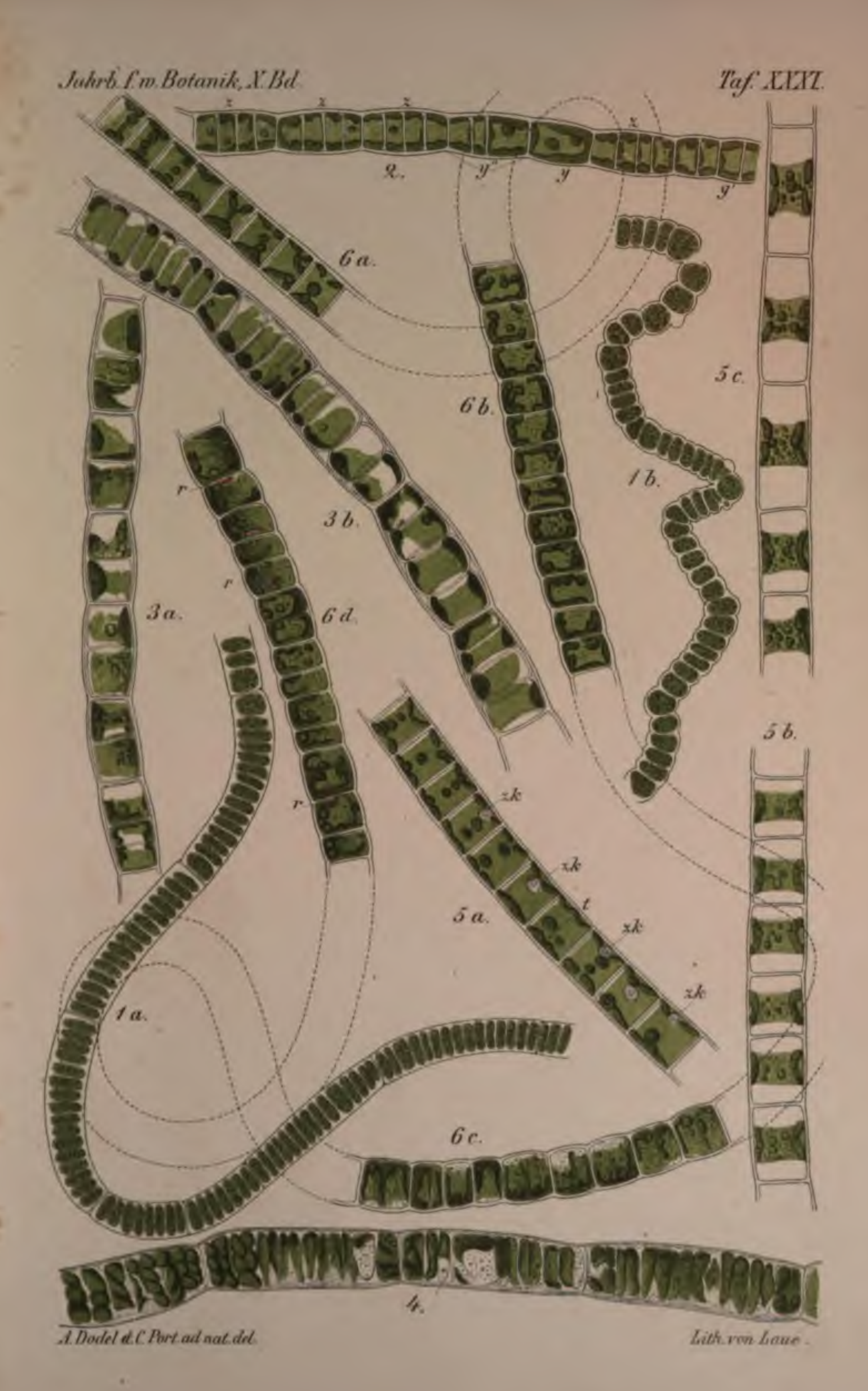
Hesse ad nat. del. Lith. von Laue.





Reinke del.

Lith. von L-ue.



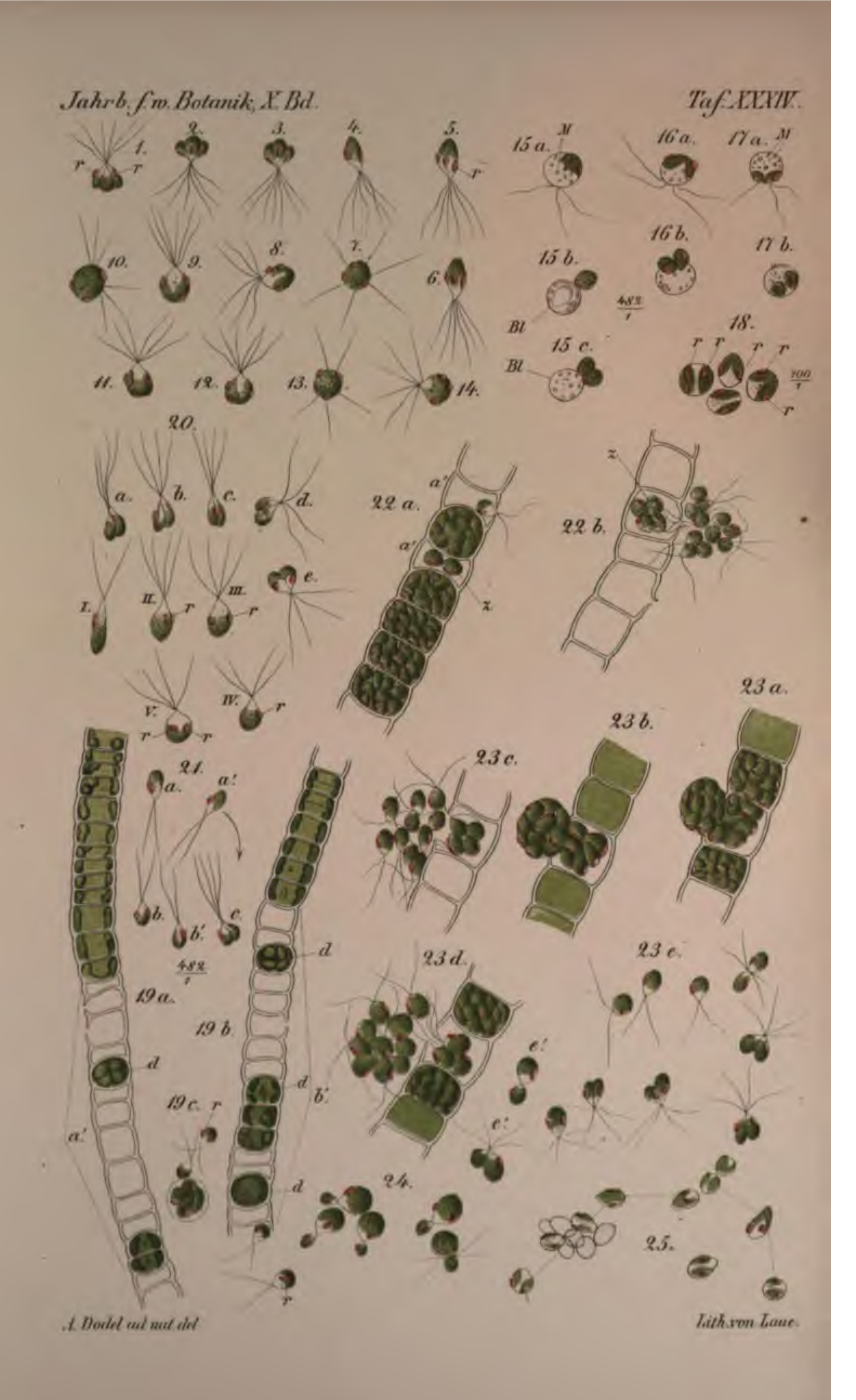
A. Dodel et C. Port ad nat. del. Lith. von Laue.



A. Dodel ad nat. del. Lith. von Laue.



Jahrb. f. w. Botanik, X. Bd.
Taf. XXXIII
2.
3.
4.
5.
6.
1a.
1b.
1c.
1d.
1e.
A. Dodel ad nat. del.
Lith. von Laue



A. Dodel ad nat. del. Lith. von Laue.



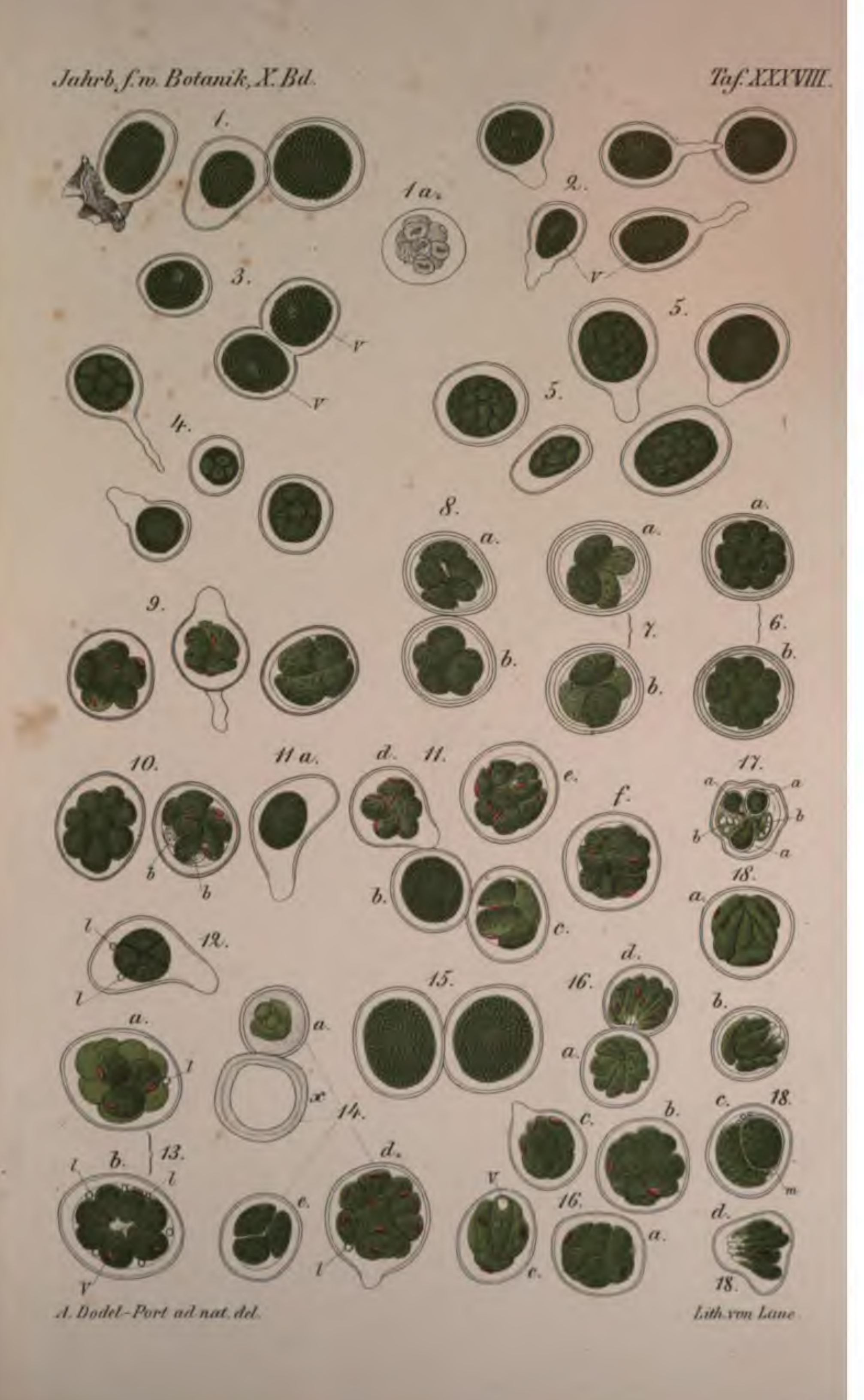
A. Dodel ad nat. del.

Lith. von Laue


Jahrb. f. w. Botanik, X. Bd.
Taf. XXXVI.
1a.
1b.
1c.
1d.
1e.
1f.
1g.
2a.
2b.
2c.
2d.
3.
4.
5.
A. Dodel ad nat. del.
Lith. von Laue



A. Dodel ad nat. del.   Lith. von Laue.



A. Dodel-Port ad nat. del. Lith. von Laue

JAHRBÜCHER

für

wissenschaftliche Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. N. Pringsheim.

Namen- und Sachregister

von Band I—X.

Bearbeitet

von

W. Zopf.

Leipzig, 1876.

Verlag von Wilh. Engelmann.

Alphabetisch nach den Namen der Verfasser geordnetes Inhaltsverzeichniss.



Sachregister.

Abkürzungen.

Anat. = Anatomie. Blüthenentw. = Blüthenentwickelung. Embryob. = Embryobildung. Milchsaftorg. = Milchsaftorgane. Morphol. = Morphologie. Secretionsorg. = Secretionsorgane. Stom. = Stomata. Syst. = Systematik.

C.

F.

H.

L.

S.

Druck von G. Bernstein in Berlin.



